5.06(49.3) B1
cv

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

TOME QUINZIÈME.

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
195, *boulevard Saint-Germain.*

1884

21-85373 [illegible]

VICTOR PUISEUX

ESQUISSE BIOGRAPHIQUE.

I

Le jour où, par une exception probablement unique en ce siècle, Victor Puiseux entrait à l'Académie des sciences porté par l'unanimité des suffrages, M. J. Bertrand eut un mot juste et heureux : « L'élection de Puiseux était due à son mérite, l'unanimité à son caractère ! » Ces paroles, que l'illustre secrétaire perpétuel rappelait récemment, en annonçant à l'Académie la perte douloureuse qu'elle venait de faire, peuvent en vérité servir d'épigraphe à ces quelques pages, consacrées à la mémoire de celui qui fut pour les savants un géomètre éminent, pour tous un homme de bien, pour moi un maître excellent et vénéré.

Chez Puiseux, en effet, le savant et l'homme sont inséparables, et ce serait muttiler cete noble figure que d'en retracer uniquement une des faces. D'autres géomètres ont laissé dans la science des traces peut-être plus profondes, entouré leur nom d'une auréole plus brillante, mais c'est par là principalement qu'ils vivent dans notre mémoire ; tandis qu'il est impossible de rappeler le nom de M. Puiseux sans qu'au souvenir de ses remarquables travaux se

joigne aussitôt celui de sa profonde modestie, de sa simplicité, de son dévouement désintéressé à la science, de sa conscience rigide dans l'accomplissement du devoir, de l'élévation morale de son caractère.

Victor-Alexandre Puiseux était né à Argenteuil, près de Paris, le 16 avril 1820 (1). Son père, receveur des contributions indirectes, fut appelé trois ans après par ses fonctions à Longwy, en Lorraine, et en 1826, à Pont-à-Mousson. C'est au collège de cette ancienne ville universitaire que le futur membre de l'Institut fit ses premières études. Toujours il garda une prédilection pour ce pays où s'était écoulée son adolescence. Il aimait tout des provinces de l'est de la France : leur sol, leurs forêts, leurs habitants, et par-dessus tout leur esprit patriotique, dont son âme garda toujours l'empreinte.

Les dispositions extraordinaires que le jeune collégien manifestait pour les sciences déterminèrent ses parents à l'envoyer terminer ses études à Paris. Agé de quatorze ans, il vint occuper une petite chambre de la rue Saint-Jacques. C'est là qu'il se livrait au travail avec une incroyable ardeur, seul ou avec deux ou trois camarades qu'attiraient le charme de son caractère et la supériorité précoce de son esprit. De distractions, il n'en connaissait guère d'autres que de longues promenades à pied et de fréquentes visites à son frère aîné qui, déjà élève de l'École normale, lui servait de *correspondant*. L'année suivante, la situation de fortune de ses parents lui fit un devoir d'accepter une bourse au collège Rollin. Ce fut avec un amer regret qu'il s'y résigna : l'internat, la vie commune des lycées n'allaient pas à sa nature et formaient un dur contraste avec sa chère solitude.

(1) Je puise, pour tous ces détails biographiques, dans les notes qu'a bien voulu me confier un savant estimé, qui a été parfaitement en situation de connaître et d'apprécier le profond analyste. On me permettra même, dans bien des cas, de citer textuellement.

En 1836, âgé seulement de seize ans, Victor Puiseux arrivait au terme des cours de mathématiques spéciales, et demandait l'autorisation de se présenter à l'École normale, dans la section des sciences. Il fallait une dispense d'âge. M. Cousin, alors ministre, la refusa. Lui-même fut amené à regretter sa décision en voyant le jeune candidat remporter, la même année, le premier prix de physique au concours général. On lui offrit alors de le nommer élève de l'École par décret spécial. Il refusa, entendant bien, disait-il, entrer au concours et par la grande porte.

L'année suivante, le premier prix de mathématiques spéciales constatait de nouveau sa supériorité, et les portes de l'École s'ouvraient devant lui. Il s'y maintint toujours aux premiers rangs. De cette époque date sa liaison avec M. Bersot, qui fut depuis membre de l'Académie des sciences morales et politiques et directeur de l'École normale ; avec MM. Briot et Bouquet, deux autres illustrations de cette École, dont le rapprochait une communauté de goûts et d'études, et dont l'amitié pour lui ne s'est jamais démentie.

Reçu au premier rang à l'agrégation après les trois années d'études, Victor Puiseux obtint de passer une année encore à Paris. Il en profita pour perfectionner son instruction mathématique sous la direction des maîtres illustres qui y enseignaient alors. En même temps, il était chargé d'une conférence aux élèves de l'École normale, ses condisciples de la veille et la plupart plus âgés que lui. Déjà leur sympathie lui était acquise ; il sut de plus commander leur attention et leur respect par la maturité précoce de son talent.

Après un stage de trois ans à Rennes, comme professeur au Collège royal, Victor Puiseux fut chargé en 1845 d'un cours à la faculté récemment créée de Besançon. Il s'y rencontra avec d'autres jeunes maîtres destinés à se faire un nom dans diverses branches de la science, le géologue Lory, le chimiste Henri Sainte-Claire Deville. Cette époque

fut peut-être celle de sa plus grande activité scientifique. Non content d'amasser en silence les matériaux de son enseignement futur à la Sorbonne, il enrichissait le *Journal de mathématiques* de M. Liouville de notes remarquables par la rigueur des méthodes et l'élégance des démonstrations. Ses recherches se portaient alors sur l'analyse infinitésimale, la géométrie, la mécanique ; plus tard, ses fonctions à l'Observatoire et au Bureau des longitudes, son enseignement à la Sorbonne et au Collège de France concentrèrent naturellement sur l'astronomie et la mécanique céleste ses laborieuses méditations.

Dans le tome VII du *Journal*, sous le titre de Problème de Géométrie, V. Puiseux établit par une analyse élégante et habile que l'hélice est la seule courbe dont la *courbure* et la *torsion* sont invariables en tous les points. Bientôt après, étudiant le mouvement d'un point matériel pesant sur une sphère, il justifiait par le calcul une circonstance particulière qui se présente dans les oscillations du pendule conique et dont la théorie générale n'avait pas encore rendu raison. Dans les volumes suivants du même recueil, il traitait diverses questions de mécanique relatives à la cycloïde, aux courbes dites *tautochrones ;* il donnait, dans le tome XI, pour la première fois, l'expression générale de la somme des puissances semblables des termes d'une progression arithmétique ; jusque là, on possédait seulement une relation permettant de la calculer de proche en proche pour des puissances croissantes. En même temps que d'autres géomètres, il s'occupa, dans le tome XII, du beau théorème de Gauss : si l'on déforme une surface flexible, le produit des rayons de courbure principaux en chaque point n'est pas altéré. Il en donna une démonstration directe, très simple, tirée de considérations classiques et élémentaires.

Appelé en 1849 à l'École normale supérieure, comme maître de conférences, il y répandit les saines traditions de l'enseignement scientifique chez plusieurs générations

de jeunes professeurs. Il se montra là tel qu'il fut toujours, tel que nous l'avons entendu au Collège de France. On admirait surtout la clarté, la rigueur et, si l'on peut dire, la conscience rigide de sa parole. Jamais il ne se laissait aller, dans le feu de l'improvisation, à indiquer des conséquences obscures ou problématiques de ses théorèmes. Nulle démonstration n'était mise sous les yeux de ses élèves avant qu'il n'eût fait les derniers efforts pour la rendre parfaitement lucide et correcte. On peut regretter qu'un excès de scrupule l'ait empêché de publier la rédaction de ses leçons. Difficile pour lui-même, il trouvait encore à redire à celles que tous ses auditeurs avaient admirées.

Toutes les préférences de Victor Puiseux étaient pour cet enseignement de l'École normale, où des esprits studieux et distingués répondaient au sien. Il ne le quitta définitivement qu'en 1868 pour devenir membre du Bureau des longitudes et prendre en main la publication de la *Connaissance des temps*. Il était préparé à cette tâche ardue par les fonctions qu'il avait remplies à l'Observatoire de 1855 à 1859, sous la direction vigoureuse de l'infatigable Le Verrier. Placé à la tête du Bureau des calculs, il prit une part active à la publication des *Annales* de l'Observatoire. Là comme ailleurs, ceux qui ont travaillé sous sa direction se rappellent sa bienveillance, jointe à une capacité hors ligne. Il avait une manière à lui de stimuler le zèle de ses subordonnés ; quand un travail inexact ou incomplet lui était remis, il s'imposait la tâche de le refaire lui-même en entier. Un de ses jeunes collaborateurs montrait des dispositions heureuses. Il l'aida à compléter son instruction mathématique et lui prodigua des encouragements qui devaient porter leurs fruits. C'était M. Leveau, aujourd'hui astronome adjoint de l'Observatoire et auteur d'un savant travail sur la théorie de Vesta.

En 1859, Puiseux quitta l'Observatoire pour se consacrer tout entier à l'enseignement et à ses travaux person-

nels. Il avait été pendant quelques années suppléant de Sturm et de Le Verrier à la Sorbonne, de Binet au Collège de France. Puis, en 1857, il avait remplacé, comme professeur titulaire de mécanique céleste à la Faculté des sciences, Cauchy dont il avait été l'élève, l'admirateur et l'ami. Jusqu'en 1882, il occupa cette chaire sans interruption, parcourant par étapes successives le champ si étendu de la science des mouvements célestes. L'édifice n'était jamais assez complet à son gré, et toujours de nouvelles études lui faisaient ajourner la publication de son cours. Le moment vint où sa santé détruite le contraignit au repos : mais il était trop tard, et l'œuvre inachevée ne subsiste que dans la mémoire de ses admirateurs et de ses élèves.

Plusieurs travaux importants relatifs à la théorie des fonctions, au mouvement des solides de révolution, à la théorie de la Lune, avaient depuis longtemps mérité et valu à V. Puiseux l'attention de l'Académie. Présenté à diverses reprises comme candidat par la section de Géométrie, il ne fut, par suite de la guerre franco-allemande, élu qu'en 1871. Tous les concurrents se retirèrent spontanément devant lui, et, par une exception aussi rare que glorieuse, il recueillit l'unanimité des suffrages, « sans une seule voix dissidente ni une seule abstention », comme l'a dit M. J. Bertrand.

L'Académie n'eut pas à se repentir de son choix ; il apporta dans les discussions la clarté et la profondeur de son intelligence avec l'urbanité des formes, dans l'accomplissement de ses devoirs l'exactitude et le dévouement qu'il mettait partout. Peu de mois avant sa mort, déjà défaillant, il se rendait encore à l'Académie pour prendre part à une élection.

II

C'est le moment de nous arrêter dans ce récit pour jeter un coup d'œil sur les travaux qui ouvrirent à Victor Puiseux les portes de l'Institut. Je ne pourrais songer à les étudier tous en détail : leur contenu exclusivement analytique, la nature de cette Revue, la multiplicité de ces écrits rendraient la tâche vraiment impossible. Je voudrais toutefois essayer de donner au moins une idée de quelques-uns des plus importants, en les choisissant dans les diverses branches où le génie mathématique de Puiseux s'est successivement exercé.

Son beau *Mémoire sur les fonctions algébriques* tient certainement le premier rang parmi ceux qui recommandent son nom à la postérité. Présenté en 1851 à l'Académie des sciences, il fut l'objet d'un rapport très élogieux de l'illustre Cauchy, et l'Académie lui décerna l'honneur si recherché de l'impression dans les *Mémoires des savants étrangers*. Il parut dans le tome XV du *Journal de mathématiques* de Liouville (1), et devint promptement classique parmi les analystes.

La théorie des quantités dites *imaginaires* avait été à plusieurs reprises abordée et perfectionnée par Cauchy ; ce n'est guère cependant qu'en 1846 qu'il lui donna une forme définitive et une impulsion vraiment féconde. S'attachant à l'idée heureuse de représenter une variable *imaginaire* z, ou $x + y\sqrt{-1}$, par un point mobile dans un plan et défini par ses distances x et y à deux droites fixes, il étudia sous ce point de vue les *fonctions* de z et surtout leurs *intégrales*, et arriva à des résultats d'une grande nouveauté et d'une importance incalculable. Parmi les fonctions d'une variable z dont il était utile de suivre

(1) Première série.

ainsi la variation et d'étudier les propriétés, se présentaient d'abord les fonctions dites *algébriques*, celles qui sont liées à la variable dont elles dépendent par une équation où n'entrent que des puissances entières de l'une et de l'autre. Cauchy s'en était déjà occupé ; il avait montré que les diverses racines de l'équation varient généralement par degrés insensibles en même temps que la variable ; mais Puiseux apporta plus de précision dans la question en définissant chaque racine, ou *branche* de la fonction, par la propriété d'acquérir une valeur déterminée lorsque le point z occupe une position déterminée dans le plan, et de varier à partir de là d'une manière continue. Il fit voir alors que la fonction u, lorsque la variable suit divers chemins pour aller d'un point à un autre dans le plan, arrive toujours au dernier point avec la même valeur (reste *monotrope*, comme on dit aujourd'hui), tant que ces chemins peuvent être ramenés à un même tracé sans franchir aucun point pour lequel la fonction devient infinie, ou pour lequel plusieurs racines prennent des valeurs égales. Appliquant une méthode de Cauchy, il donna le moyen d'exprimer par une série convergente la valeur de u en un point quelconque du contour décrit par z.

Mais les choses changent quand le point z décrit un contour fermé enveloppant un de ces points *critiques* dont on vient de parler. Puiseux établit ce théorème nouveau et très important, que la fonction u revient au point de départ avec une valeur toute différente, les racines de l'équation s'échangeant ici les unes dans les autres, et que les diverses valeurs de la fonction définie par l'équation algébrique peuvent toujours être rangées en un ou plusieurs groupes *circulaires* tels que, par une révolution du point mobile z autour d'un point critique, chacune des racines du groupe vient remplacer la précédente. Après avoir enseigné à calculer numériquement les valeurs multiples de la fonction u, en un point quelconque du parcours de z, et donné des exemples bien choisis qui rendent toute

la théorie fort claire, Puiseux expose son excellente méthode des *contours élémentaires*, à laquelle on n'a rien changé d'essentiel. Il établit une classification des différents chemins par lesquels le point mobile z peut aller d'une position déterminée à une région quelconque du plan, montrant qu'au point de vue de la valeur finale de la fonction, tous ces chemins se ramènent au chemin rectiligne augmenté d'un certain nombre de révolutions autour d'un ou de plusieurs points critiques.

L'importance de ces notions se révèle surtout dans la troisième partie, là où il les applique à l'*intégrale* d'une fonction algébrique, c'est-à-dire à la fonction qui représente la somme des valeurs de la première aux différents points d'un contour donné, multipliées chacune par l'accroissement infiniment petit de la variable z. Il rappelle, en le précisant, le beau théorème de Cauchy sur l'invariabilité de l'intégrale quand le contour se déforme entre les mêmes points extrêmes, sans franchir aucun point critique ; puis il étudie le cas où, au contraire, le contour d'intégration enveloppe un ou plusieurs de ces points, et fait voir que, pour évaluer alors l'intégrale, il suffit de déterminer sa valeur le long de chacun des contours élémentaires. A cause de la permutation des racines autour d'un point critique, ces intégrales élémentaires sont nécessairement en nombre limité, et constituent un certain groupe de *constantes*. Chaque fois que la variable z revient au même point du plan après avoir décrit un certain chemin, la fonction intégrale s'accroît ainsi d'une ou plusieurs de ces intégrales élémentaires ; par conséquent, la variable z elle-même, considérée comme une fonction *inverse* de l'intégrale, reprend la même valeur quand celle-ci s'augmente d'une ou plusieurs de ces constantes ; elle en est donc une fonction *périodique*, et les intégrales élémentaires constituent des périodes. Mais il faut distinguer celles qui sont réellement distinctes, et celles qui ne sont au contraire que des combinaisons ou des multiples

des premières. Puiseux donne pour cela des règles soigneusement étudiées et d'une grande clarté.

Appliquée aux fonctions rationnelles, aux équations dans lesquelles u et z n'entrent qu'au second degré, cette méthode fait retrouver de beaux théorèmes de Cauchy et les propriétés des fonctions élémentaires. Mais, si l'équation est du second degré en u et du quatrième en z, on obtient immédiatement la double périodicité des fonctions elliptiques, les propriétés fondamentales de ces fonctions, les valeurs de leurs périodes. Généralisant encore davantage, Puiseux démontre les caractères de périodicité des fonctions dites *abéliennes*, les théorèmes importants qui ont illustré le nom de Jacobi, et il établit sur les périodes des intégrales de fonctions algébriques une série de propositions remarquables.

Ce beau mémoire a exercé une influence incontestable sur les progrès de l'analyse, en particulier de la théorie des fonctions d'une variable imaginaire. En donnant plus de précision à l'étude de ces fonctions, il a contribué à écarter certaines difficultés qu'on y rencontrait à chaque pas ; on lui doit une part notable des progrès qu'a faits de nos jours l'étude des fonctions définies par des équations différentielles algébriques. Il suffit, pour s'en convaincre, d'ouvrir le plus important ouvrage qui ait paru depuis longtemps sur la théorie des fonctions elliptiques, celui de MM. Briot et Bouquet, et de voir la place qu'y occupent les méthodes de Puiseux, à qui ces savants géomètres ont emprunté une grande partie de ce qu'ils exposent sur les fonctions algébriques et sur les périodes des intégrales définies.

Un des juges les plus compétents, M. Ch. Hermite, à l'époque où ce mémoire paraissait, en signalait aussi l'importance lorsqu'il écrivait (1) : « Les propositions données par M. Puiseux sur les racines des équations algébriques,

(1) *Comptes rendus*, t. XXXII, p. 458.

considérées comme fonctions d'une variable z qui entre rationnellement dans leur premier membre, me semblent ouvrir un vaste champ de recherches destinées à jeter un grand jour sur la nature analytique de ce genre de quantités. » Et M. Hermite montrait en effet, dans un travail extrêmement remarquable, combien la théorie de M. Puiseux éclairait celles de la résolution des équations algébriques et de la division de l'argument dans les fonctions elliptiques.

Le rapport de Cauchy, très élogieux d'ailleurs, porte la trace d'une préoccupation manifeste de son auteur, de bien signaler dans les recherches de Victor Puiseux ce qui se rattache de près ou de loin à ses propres découvertes et peut en être considéré comme un prolongement. Son vaste esprit avait, sans doute, vaguement aperçu une foule de conséquences à tirer de ses beaux mémoires de 1846, et, par une disposition assez accentuée chez lui, il les retrouvait sans peine dans les travaux qui lui étaient soumis. C'est ce qui justifie la présence, à la fin du mémoire de Puiseux, d'une sorte d'épilogue où l'auteur, avec autant de réserve et de modestie que de conscience, signale ce que ses recherches ont emprunté à celles de ses devanciers et ce qu'il regarde comme étant proprement de lui. On doit reconnaitre qu'il reste plutôt en deçà qu'au delà de la limite de ses droits. Quelque grande et incontestable que soit la part de Cauchy, dont le génie domine toute cette partie de la science, il me semble qu'il était toujours resté dans ses écrits, dans ses définitions relatives à la marche des fonctions et aux conditions qu'elles doivent remplir pour que les théorèmes leur soient rigoureusement applicables, une certaine indécision ou obscurité dont le mémoire de Puiseux est parfaitement affranchi et qu'il a contribué à éliminer de l'analyse. Si l'on veut bien comparer, par exemple, les travaux de Cauchy sur le développement en série avec le mémoire de Puiseux et avec la rédaction pleine de netteté et de précision que l'on trouve

dans l'ouvrage de MM. Briot et Bouquet, on reconnaîtra qu'un grand progrès a été réalisé par l'extension des principes posés par Puiseux pour les fonctions algébriques.

Si donc Cauchy a magnifiquement ouvert la voie, il reste une large part d'honneur pour les géomètres éminents qui l'ont suivi, Liouville, MM. Hermite, Briot et Bouquet, Puiseux, et la part de ce dernier est considérable. Il est vrai qu'un géomètre allemand, Riemann, a introduit dans ces mêmes questions l'idée neuve et ingénieuse des *feuilles superposées* et des *coupures*, et qu'il a été assez généralement suivi par ses compatriotes. J'avoue cependant que je me range sans hésitation à l'avis de M. Bertrand et de M. Bouquet lorsqu'ils déclarent qu'à leurs yeux la méthode de Riemann a surtout mis en évidence le puissant esprit de son auteur, mais que celle de Cauchy et de Puiseux conserve l'avantage de la netteté, de la facilité et de l'élégance.

Les deux mémoires que Victor Puiseux inséra au tome XIII et au tome XVII du Journal de Liouville, l'un ayant pour titre : *Du mouvement d'un solide de révolution posé sur un plan horizontal*, et l'autre : *Solution de quelques questions relatives au mouvement d'un corps solide pesant posé sur un plan horizontal*, roulent sur des matières d'une étroite connexité : il s'agit d'une généralisation du problème de la *toupie*. L'auteur suppose qu'un corps solide pesant, terminé par une surface courbe parfaitement polie et s'appuyant par cette surface sur un plan horizontal également poli, reçoive un mouvement initial quelconque et soit ensuite abandonné à lui-même. Il établit les seize équations générales nécessaires pour déterminer son mouvement. Sa méthode, qu'il est possible de simplifier en quelques points, est aussi claire d'ailleurs qu'élégante. Lorsque le corps est de révolution autour d'un axe passant par son centre de gravité et qu'on lui a imprimé tout d'abord une rotation plus ou moins rapide autour de cet axe,

la solution du problème peut être poussée plus loin, sans que la complication des équations permette de l'achever entièrement. Mais toutefois Puiseux parvient à en tirer, par une analyse fine et ingénieuse, cette propriété générale : « *Quelles que soient les circonstances initiales du mouvement, il est toujours possible de donner à la rotation primitive autour de l'axe de symétrie une intensité suffisante, pour que l'inclinaison de cet axe par rapport à la verticale, pendant toute la durée du mouvement, ne varie pas d'une quantité très petite assignée d'avance* .»

Dans le second mémoire, l'auteur généralise le problème en ce sens qu'il ne suppose plus que le corps soit symétrique autour d'un axe, mais seulement que la normale à la surface du corps, au point où il touche le plan horizontal, soit un *axe principal d'inertie* relatif à son centre de gravité. Le problème à résoudre est celui-ci : Le corps ayant reçu une rotation primitive autour de cet axe d'inertie, étant en outre légèrement écarté de cette position initiale d'équilibre et tous ses points animés de petites vitesses quelconques, l'axe pourra-t-il rester sensiblement vertical et sous quelles conditions ? Puiseux ramène ce problème, par des considérations ingénieuses, à un autre plus simple, et arrive aux conclusions suivantes : Si l'axe coïncide avec l'axe du plus petit ou du plus grand moment d'inertie relatif au centre de gravité, il est toujours possible, en imprimant au solide une vitesse rotatoire convenable, de maintenir la verticalité de l'axe dans des limites aussi étroites qu'on le veut : *il y a stabilité*. Si cet axe de rotation est l'axe moyen d'inertie, la chose est impossible.

D'autres conséquences intéressantes se déduisent de ces élégants calculs, et, bien que l'on puisse çà et là soulever quelque objection du côté de la rigueur, le mémoire me semble digne d'une lecture attentive et bien propre à intéresser les géomètres voués à l'étude de la mécanique. On regrette, en constatant l'habileté de l'auteur, qu'il n'ait pas essayé d'étudier les phénomènes curieux offerts par

un ellipsoïde de révolution allongé et creux, primitivement posé sur une table où son axe prend naturellement la direction horizontale, et qui reçoit une vive rotation autour de la verticale de son centre de gravité. On voit alors le grand axe se dresser verticalement, et aussi longtemps que la vitesse rotatoire conserve une valeur suffisante, le corps tourne autour de cet axe ; au bout d'un certain temps l'axe s'incline de plus en plus et finit par revenir à la position horizontale. Il est vrai que ce phénomène remarquable est dû très probablement au frottement, et M. H. Resal, qui a résolu avec une rare adresse plusieurs questions de cet ordre, regarde celle-ci comme à peu près inattaquable par l'analyse.

En 1872, Victor Puiseux publia dans les *Annales scientifiques de l'École normale* (1) un beau mémoire intitulé : *De l'équilibre et du mouvement des corps pesants en ayant égard aux variations d'intensité et de direction de la pesanteur ;* mais la composition de cet écrit remonte à une époque bien antérieure. J'ai assisté en quelque sorte à sa genèse. En 1855, V. Puiseux avait choisi comme sujet de ses leçons au Collège de France l'étude des mouvements apparents à la surface de la terre ; les belles expériences de Foucault sur la direction du pendule libre (1851) et sur le gyroscope (1852) donnaient alors une opportunité spéciale à ce genre de questions. Il nous avait d'abord développé les formules de la déviation du pendule, en se bornant, comme on le fait d'habitude, aux termes du premier ordre par rapport à la vitesse de rotation de la terre, les seuls dont l'influence soit appréciable dans l'observation du phénomène. Il se proposait ensuite, à l'exemple de Binet, de pousser l'approximation plus loin en tenant compte des termes qui renferment le carré de cette vitesse. Mais, au moment d'aborder ce sujet, il nous fit remarquer

(1) T. 1er, 2e série.

que l'analyse de Binet était incomplète ; que, du moment où l'on fait entrer en ligne de compte des influences aussi imperceptibles, il fallait également retenir dans les calculs d'autres forces perturbatrices très petites, mais du même ordre de grandeur, dépendant 1° des variations de direction et de puissance que la pesanteur éprouve, par suite de la forme et de la rotation du globe, dans un petit espace, tandis qu'on considérait jusque-là la gravité comme agissant avec la même intensité et suivant des directions parallèles dans toute l'étendue des corps en mouvement ; 2° de la différence des actions qu'exercent le soleil et la lune sur le centre de la terre et sur le point de sa surface où se fait l'observation ; 3° des modifications que la déformation de la mer par les marées peut apporter dans la direction de la pesanteur en un lieu donné, aux différentes époques. On voit que ces recherches se lient intimement à celles dont se sont occupés plusieurs savants, notamment MM. d'Abbadie, Bertelli, Darwin, sur les changements de la verticale.

Peu de temps après, l'illustre maître nous faisait part des résultats de ses recherches, consignés depuis dans le mémoire dont je parle (1). Malgré la complication extrême que l'intervention de ces forces perturbatrices introduit dans la question, il avait réussi à établir les équations complètes du mouvement apparent des corps à la surface du globe, et à leur donner une forme relativement simple en poussant l'approximation jusqu'au degré voulu (2). On arrive ainsi à quelques conséquences fort curieuses, dont la première est qu'une droite *verticale* ne possède cette propriété que pour un de ses points et pour un instant déterminé. Puiseux détermine l'angle extrêmement petit compris entre les directions de la pesanteur en deux points

(1) V. aussi *Comptes rendus*, t. XLII.

(2) Le même sujet a été traité dans une thèse allemande par M. Bertram, avant la publication du mémoire de 1872, mais longtemps après les leçons dont je parle ici.

situés sur une même verticale moyenne, et il indique le moyen de vérifier sa formule par la réflexion des fils d'un réticule sur deux bains de mercure placés à des hauteurs différentes. Chose curieuse : si cet angle pouvait être mesuré avec une exactitude suffisante, ce que sa petitesse ne permet guère d'espérer, on en déduirait, par une observation faite ainsi en un seul point du globe, l'aplatissement de celui-ci.

Un fil pesant suspendu en liberté ne prend pas rigoureusement la forme rectiligne verticale, comme il résulte de la théorie ordinaire, mais la forme d'une parabole faiblement infléchie, dont le plan se trouve dans le méridien du point de suspension. Un corps qui tombe librement d'une grande hauteur décrit une trajectoire légèrement déviée vers *l'est*, conformément à un principe déjà connu, mais aussi vers le *sud;* seulement, cette dernière doit être absolument inappréciable à l'observation.

D'après les théories habituelles, un corps solide pesant qui ne peut que tourner autour d'un axe vertical passant par son centre de gravité serait en équilibre dans toutes les positions. Il n'en est plus ainsi dès que l'on tient compte des éléments délicats énumérés plus haut : le corps, suivant les conditions de forme et de masse, ne sera en équilibre que dans *deux* ou dans *quatre* positions, et s'il est écarté d'une de ses positions d'équilibre stable, il y reviendra par des oscillations d'une extrême lenteur (1).

Toutes ces conséquences des formules de Puiseux seraient, probablement, d'une vérification expérimentale très difficile, pour ne pas dire impossible; leur intérêt théorique n'en est pas moins très grand, et, comme le dit l'auteur, l'analyse qui y a conduit pourrait être utilisée dans d'autres questions susceptibles d'une application plus réelle.

(1) J'ai fait voir, dans un mémoire récent, que la construction des positions d'équilibre et la détermination de la loi des oscillations se ramènent à d'autres problèmes plus simples (*Ann. de la Soc. scient. de Bruxelles*, t. VII, p. 109).

Les astronomes, en comparant les dates des anciennes observations d'éclipses avec les tables actuelles de la Lune, avaient depuis longtemps remarqué qu'il est impossible d'établir une concordance exacte, si l'on n'admet pas dans le moyen mouvement de notre satellite une accélération de siècle en siècle. Les calculs de Dunthorn, de Mayer, de Airy avaient successivement élevé la valeur à assigner à cette accélération de 6″ à 13″ par siècle. Jusqu'à Laplace, les astronomes théoriciens n'avaient pas réussi à découvrir la cause de cette accélération ; le grand géomètre remarqua, le premier, que ce phénomène devait résulter d'une variation séculaire qui affecte l'excentricité de l'orbite de la Terre autour du Soleil.

La question, creusée plus profondément par Plana, Damoiseau, Hansen, qui poussèrent l'approximation des calculs plus loin que n'avait fait Laplace, parut résolue d'une manière satisfaisante : la théorie assignait environ 12″ à l'inégalité lunaire. Mais récemment, en 1855, un géomètre anglais, M. Adams, signala une cause d'erreur dans tous ces calculs, du moins lorsqu'on les pousse jusqu'au degré d'approximation adopté par les savants. Delaunay, dont les travaux eurent principalement pour objet la théorie du mouvement de la Lune, retrouva par une voie différente des résultats pleinement d'accord avec ceux de M. Adams, et jusqu'à la valeur de 6″ assignée par celui-ci à l'accélération du moyen mouvement, *comme conséquence du principe posé par Laplace.* De là surgit une discussion célèbre et assez violente entre Delaunay et Le Verrier, ce dernier maintenant, d'accord avec Hansen, les chiffres admis jusque-là. Mais peu à peu les partisans des idées de Le Verrier l'abandonnèrent pour passer dans le camp opposé et, la victoire restant à Adams et à Delaunay, il fallut chercher une cause supplémentaire de l'accélération, afin de mettre d'accord la théorie et les observations des éclipses dans l'antiquité. On se rappelle que ce fut à cette occasion que Delaunay eut l'idée d'un ralentissement dans

le mouvement diurne de la Terre, par suite du phénomène des marées.

En 1873 parut un savant travail de V. Puiseux sur la question controversée. Poussant l'approximation des calculs plus loin que ses devanciers, notamment que Laplace, le savant géomètre démontrait qu'il est impossible de trouver la cause de l'accélération de 12″, assignée par les observations anciennes, soit dans la variation séculaire de l'inclinaison du plan de l'orbite de la Terre sur le plan de l'écliptique, soit dans le déplacement séculaire de la ligne des nœuds, intersection de ces deux plans. Le déplacement du grand axe de l'orbite terrestre est également sans effet appréciable pendant une longue suite de siècles.

On le voit, le résultat obtenu par Puiseux est purement négatif, mais il n'est pas moins extrêmement précieux. Dans ces théories profondes où les forces intellectuelles se dépensent en calculs immenses, il n'est guère moins utile de connaître, pour les éviter, les directions où les recherches s'égareraient infailliblement, que d'imaginer celles où il conviendrait de porter ses investigations.

Depuis cette époque, M. Pierre Puiseux, continuant par son talent et son zèle les traditions de son illustre père, a publié une excellente thèse (1879) dans laquelle, appliquant au même problème la méthode de Poisson, il a trouvé une confirmation nouvelle des propositions avancées par Delaunay et Adams.

Signalons encore, sans y insister, un mémoire *Sur la convergence des séries qui se présentent dans la théorie du mouvement elliptique des planètes*, et deux autres *Sur le développement en séries des coordonnées des planètes et de la fonction perturbatrice* (1). Ces travaux, dans lesquels Puiseux appliquait à deux problèmes célèbres, d'une haute importance en astronomie, les principes récemment introduits dans la science par Cauchy, présentaient, entre

(1) *Journal de Liouville*, t. XIV de la 1re série et t. V de la 2e.

autres avantages, celui de fournir un moyen pour exprimer directement et algébriquement un terme quelconque du développement des inégalités des planètes. Leur nature ne permet pas, malheureusement, d'en donner ici une analyse suffisamment brève et compréhensible, à cause des formules compliquées qui s'y rencontrent, mais l'estime des hommes compétents en atteste la valeur.

III

Quels que soient le mérite, la perfection des écrits analysés ci-dessus, on n'aurait pas une idée suffisante de la place que Puiseux a occupée dans la science contemporaine et des services qu'il a rendus, si l'on envisageait uniquement les productions originales qu'il a livrées à l'impression. Son rôle comme professeur a été tout aussi important. J'ai déjà rappelé la reconnaissance que lui doit la France pour son excellent enseignement à l'École normale, d'où il a fait rayonner sur le pays entier les méthodes les plus sûres et l'esprit scientifique le plus élevé. A la Sorbonne, au Collège de France, sa tâche n'était pas moins haute ni son talent moins apprécié. J'ai sous les yeux les notes prises au cours pendant deux années consacrées par lui à étudier, devant un petit nombre d'auditeurs (nous étions six ou sept), les inégalités séculaires du mouvement des planètes, la précession des équinoxes et la nutation, la théorie de la figure de la Terre, celle des mouvements apparents à sa surface, diverses méthodes astronomiques ou analytiques récentes, etc. Je ne puis m'empêcher, en les relisant, d'admirer les qualités de l'éminent professeur: l'ordre, la conscience, une extrême clarté unie toujours à la solidité, à la profondeur du fond, et à la rigueur des démonstrations; rien d'indécis, de douteux, de négligé. Il n'est pas une de ces leçons, certainement, qui n'ait été longuement méditée, mûrie, modifiée,

revue encore au moment d'être exposée. Puiseux ne se contentait pas de donner sur toute chose le dernier mot de la science ; il savait le présenter avec une simplicité, une progression savamment mesurée dans les difficultés, qui en rendait l'étude aussi facile que profitable. Son plan, profondément étudié, distribuait dans un ordre lumineux et excellent le développement des diverses théories, et il savait y ramener, par d'habiles liaisons, les questions intéressantes qui avaient provoqué l'attention des grands géomètres et donné lieu à d'élégantes solutions.

Très souvent, n'étant pas satisfait de ce qu'il trouvait dans les auteurs sur un point de mécanique ou d'astronomie, il complétait lui-même ou transformait la démonstration qu'il voulait exposer. Que de perfectionnements ingénieux et peu connus on trouverait ainsi dans ces leçons, malheureusement restées manuscrites, et combien de fois n'avons-nous pas regretté qu'un maître si distingué dans l'art d'exposer ne pût ou ne voulût pas attacher son nom à un ouvrage didactique, où l'on eût retrouvé et admiré toutes ses merveilleuses qualités de professeur!

L'intelligence de Victor Puiseux n'était pas restée absolument circonscrite dans le domaine mathématique et astronomique qu'il cultivait avec tant de succès et de zèle. A la différence de certains géomètres célèbres qui, sortis de leur spécialité, se distinguaient à peine du commun des mortels, il montrait dans les divers modes de l'activité intelligente ce rare et précieux équilibre, un des côtés les plus remarquables de sa nature, et savait s'intéresser sérieusement à une foule de questions. Dès sa première jeunesse, il avait cultivé avec bonheur les langues étrangères et la botanique. Grâce à la connaissance qu'il avait des premières, la littérature scientifique de l'étranger lui était familière, et cela à une époque où le fait était beaucoup plus rare en France qu'il ne l'est aujourd'hui. Ces aptitudes variées le désignèrent, à la sortie de ses études,

à l'attention du célèbre naturaliste Auguste Saint-Hilaire, dont il suivait alors assidûment les cours. Puiseux accepta avec empressement la proposition qui lui fut faite d'accompagner son maître dans un voyage scientifique en Norwège. Peu s'en fallut, par parenthèse, que leur expédition ne trouvât dès le début un dénouement tragique dans la mer du Nord. Après avoir lutté contre une tempête affreuse, ils débarquèrent à la fin d'août 1841 à Christiania, et entreprirent l'exploration botanique du pays. La saison avancée ne leur permit pas de pousser plus loin que Drontheim. Victor Puiseux garda toujours le plus heureux souvenir de cette visite aux climats du Nord. De là, de son séjour aussi peut-être en Lorraine et dans les Vosges, datait probablement le goût extraordinaire qu'il garda toujours pour les voyages et pour les jouissances puisées dans la contemplation de la nature. Il y resta fidèle aussi longtemps que ses forces le lui permirent. Rarement il laissait passer un jour de congé sans faire quelque excursion dans la campagne. Combien de fois je me rappelle l'avoir vu, pendant les beaux dimanches de l'été, se diriger au sortir de Saint-Sulpice vers la gare Montparnasse avec ses enfants, et prendre son vol vers le bois de Meudon, de Sèvres ou de Versailles ! Dès que les vacances arrivaient, il s'échappait avec bonheur vers l'Italie, la Suisse, les Vosges ou les Pyrénées.

Les Alpes surtout avaient ses préférences : il les revit à vingt reprises différentes, et non pas toujours en simple touriste, comme on le pourrait croire. Semblable à Saussure, à Tyndall et à d'autres savants distingués, Victor Puiseux appartenait à la race des hardis explorateurs de glaciers et de cîmes inaccessibles. Il est même assez piquant de rappeler que cet homme d'un extérieur si modeste et si paisible, s'il n'eût pas illustré son nom par de beaux travaux d'analyse et d'astronomie, aurait encore sa place marquée dans les annales de la science, à raison de ses courageuses ascensions. En 1848, il fran-

chissait, l'un des premiers, la barrière de glaciers qui sépare les vallées de Zermatt et d'Hérens, dans le Valais. La même année, il tentait avec quatre guides suisses et le docteur Ordinaire, de Besançon, l'ascension du mont Rose, un des géants du monde alpestre (4490 mètres). Arrivé à cent mètres du sommet, il persistait, seul contre l'avis unanime des guides, à déclarer possible une escalade que de hardis grimpeurs anglais n'ont pu mener à bonne fin que vingt-cinq ans plus tard (1).

Mais ce n'est pas encore là le premier titre de gloire de Puiseux au point de vue ascensionniste. La cime la plus élevée et la moins abordable du mont Pelvoux dans les Alpes du Dauphiné, la *Pointe des Écrins* (4103 mètres), n'avait pas été atteinte, croyait-on il y a peu d'années, même par les officiers de l'état-major français chargés de la triangulation. Ils avaient seulement gravi les cimes de l'Aile Froide, de l'Encula, etc., situées à quelques centaines de mètres plus bas, et qu'on avait jugées, au premier abord, être les points culminants de cette région tourmentée. Des guides, des excursionnistes, des ingénieurs avaient aussi visité les aiguilles voisines du Pelvoux, mais la Pointe des Écrins passait encore pour vierge lorsqu'en 1860 M. Whymper, touriste anglais célèbre par sa tragique expédition au mont Cervin, réussit à atteindre, le premier, croyait-il, cette crête formidable. Il s'empressa de faire connaître le résultat de cette tentative audacieuse, mais il ne tarda pas à apprendre qu'il avait été précédé, en 1848, par un modeste professeur de la Faculté de Besançon, qui n'avait pas jugé nécessaire d'emboucher la trompette pour faire connaître au monde l'exploit accompli par lui, et dont l'ascension était même à peu près oubliée dans le pays. C'était Victor

(1) La pointe la plus élevée du mont Rose (la *Dufour Spitze*) a été gravie dès 1855. Mais ce n'est que longtemps après qu'elle a pu être atteinte du côté du nord, celui où la première tentative avait été faite.

Puiseux qui, herborisant dans le Dauphiné avec un autre botaniste, M. Grenier, avait entrepris avec un montagnard du pays cette escalade jugée impraticable, et, laissant à mi-chemin son guide épuisé de fatigue, avait atteint seul le sommet (1).

Sa témérité fut moins heureuse dans une autre circonstance où il se peint tout entier. Il franchissait le glacier du *Clot des Cavales*, dans l'Oisans, avec M. Grenier et quelques jeunes gens de Grenoble. L'un d'eux, sans expérience des montagnes, n'avait pas l'indispensable bâton ferré. Victor Puiseux, confiant dans la sûreté de son pied, lui prêta le sien et s'avança sans appui sur une pente de neige escarpée. Peu s'en fallut que son obligeance ne lui fût fatale. Brusquement entraîné, il disparut aux yeux de ses compagnons, qui le crurent un moment perdu.

Avec l'âge, il avait appris à mettre plus de prudence dans l'exploration des montagnes, sans rien perdre de son attrait passionné pour elles. Chaque année, pendant quelques semaines de vacances, il aimait à guider les pas de ses fils au milieu des glaciers et à leur communiquer le goût de ces attrayantes excursions, si bien faites pour développer l'énergie morale et physique. Un de mes souvenirs de voyage est la rencontre que je fis un jour de cette vaillante caravane. Au mois d'août 1868 (le 18, si j'ai bonne mémoire), nous arrivions à la Handeck, venant du glacier du Rhône par le Grimsel. Il faisait un temps affreux, et pendant que mes compagnes de voyage, trempées jusqu'aux os, essayaient de ramener un brin d'élégance dans leurs toilettes dévastées, je surveillais, au milieu d'une fumée aveuglante et du va-et-vient des voyageurs affairés, les préparatifs d'un dîner qui s'annonçait assez misérable. A ce moment, la voix d'un touriste fourrageant dans son havresac, voix bien connue, vint me reporter à plusieurs années en arrière, dans la petite salle du Collège de

(1) Voir Whymper, *Scrambles amongst the Alps.*

France où, au nombre de quelques étudiants, nous écoutions avec admiration la lucide exposition des travaux de Laplace et de Poisson. C'était M. Puiseux en effet. Accompagné de quelques dames courageuses et de deux jeunes gens, ses fils évidemment, il venait de Guttanen et s'en allait bravement, à travers la pluie battante et par les chemins détrempés, vers la région désolée que nous venions de traverser.

V. Puiseux, on le comprend, fut un des fondateurs du Club alpin français ; il lui aurait apporté un actif et précieux concours, si sa santé déjà chancelante le lui eût permis. Dans ses dernières années, il avait dû s'interdire les longues marches et les ascensions pénibles. Mais sur les rives des lacs suisses ou italiens, dont le doux climat allégeait ses souffrances, il aimait encore à contempler les montagnes. Leurs cimes sereines lui rappelaient ses années heureuses et lui parlaient de la gloire divine, tout aussi bien que les cieux, dont il avait pénétré les lois et approfondi les mystères.

IV

Élevé, dans les circonstances honorables que j'ai dites, à ce fauteuil de l'Institut qui suscite toujours de si énergiques convoitises, V. Puiseux ne crut pas avoir acquis le droit de s'y endormir, comme il n'est pas sans exemple (dit-on) que la chose soit arrivée à certains immortels. Seulement son activité scientifique se circonscrivit dans un cercle moins accessible aux regards du public, et se manifesta moins par l'éclat des recherches originales que par l'accomplissement de devoirs ingrats et méritoires.

C'est ainsi qu'il fut appelé par la confiance de l'Académie à faire partie de la commission dite « du passage de Vénus ». On sait que ces passages de la planète Vénus entre le Soleil et la Terre sont des phénomènes astrono-

miques qui ne se reproduisent qu'à de longs intervalles, et auxquels on attachait une importance capitale au point de vue de la détermination de la *parallaxe* du Soleil, ou de la distance de cet astre à la Terre. Les passages de 1874 et de 1882 suscitèrent, de la part de toutes les nations policées, un véritable effort auquel la France tint à honneur de prendre part. Des études minutieuses et approfondies furent demandées par l'Académie des sciences aux hommes les plus compétents sur la matière, Le Verrier, Delaunay, MM. Faye, d'Abbadie, Yvon Villarceau, Dumas, Fizeau, Janssen.

Puiseux prit une part aussi active que fructueuse aux travaux de cette commission, qui lui confia dès le début les fonctions de secrétaire. Non seulement il apporta dans les discussions les lumières de son expérience, mais il fut réellement l'âme des premières résolutions par les calculs immenses auxquels il se livra pour marquer les régions où l'on pourrait observer le phénomène, et pour éclairer la commission sur le choix qu'il convenait de faire entre elles.

Le président de la commission, l'illustre M. Dumas, lui rendit d'ailleurs cette justice dans un rapport adressé à l'Académie des sciences, le 29 juin 1874 : « Pendant qu'elle (la commission) poursuivait ses études, disait-il, notre confrère M. Puiseux dressait plus complètement la carte, signalait parmi les lieux accessibles de la terre ceux pour lesquels le Soleil reste sur l'horizon pendant toute la durée du passage de Vénus, ceux qui ne voient que l'entrée de la planète sur le Soleil, ceux qui permettent seulement d'observer la sortie, ceux enfin pour lesquels, pendant toute la durée du phénomène, le Soleil reste caché sous l'horizon. M. Puiseux indiquait en outre quelles localités convenaient mieux pour l'observation, s'il s'agissait d'employer la méthode de Halley et d'observer les contacts à l'entrée et à la sortie, c'est-à-dire de déterminer la durée du passage; quelles stations il convenait de choisir, si l'on se proposait d'utiliser la méthode de De Lisle,

la longitude étant exactement connue, et de déterminer seulement l'instant précis, soit de l'entrée, soit de la sortie de Vénus. *Le travail de M. Puiseux est devenu le point de départ de toutes les décisions ultérieures de la commission...* (1). »

Le travail dont il s'agit ici, publié d'abord dans les *Additions à la Connaissance des temps* pour 1871, a été reproduit, avec une carte, dans la seconde partie du tome Ier du *Recueil de mémoires*, etc., p. 198. Il y est précédé d'un rapport fait au *Bureau des longitudes*, au nom d'une commission composée de MM. Paris, Faye, Laugier, Villarceau, Puiseux, sur l'utilité de l'observation du passage et sur l'indication des lieux propres à cette observation. D'après des considérations tirées de la présence du Soleil et de sa hauteur au-dessus de l'horizon, de la méthode à adopter entre celles de Halley et de De Lisle, le choix se trouvait limité aux stations de Yokohama ou de Pékin, en Asie, des îles de Kerguelen, Saint-Paul, Amsterdam ; de Noukahiva ou Taïti, de Suez et de Nouméa. Dans la *Note sur la détermination de la parallaxe du Soleil* (2), Victor Puiseux donnait l'indication sommaire des méthodes de Halley et de De Lisle, ainsi que les résultats des calculs savants et compliqués auxquels il avait dû se livrer pour déterminer analytiquement les circonstances du phénomène pour un observateur fictif placé au centre de la terre, puis pour en déduire et tracer sur une carte terrestre en projection de Mercator les lignes qui délimitaient sur la surface du globe les portions pour lesquelles l'observation était possible, soit à l'entrée et à la sortie, soit à l'entrée, soit à la sortie seulement ; les points pour lesquels la durée du passage serait la plus longue ou la plus courte (méthode de Halley), les points où l'entrée aurait lieu le plus tôt ou le plus tard (méthode de De

(1) *Recueil de mémoires relatifs à l'observation du passage de Vénus*, t. Ier, Ire partie, p. 351.

(2) *Recueil* etc., t. II, p. 207.

Lisle), avec l'indication de la hauteur du Soleil en ces points au-dessus de l'horizon. Une carte dressée sur ces indications accompagne le mémoire.

Un travail semblable, effectué par le même savant pour le passage de 1882, et accompagné également d'une carte fort intéressante, parut en 1875 dans la *Connaissance des temps* et fut reproduit dans le *Recueil de mémoires*, etc. ; mais en outre, dans ce court mémoire, Puiseux exposait avec plus de détails les méthodes de calcul même qu'il avait employées pour la détermination des circonstances du passage, et les perfectionnements aussi élégants que commodes qu'il avait introduits dans les méthodes déjà connues (1).

C'est à Puiseux encore que l'on doit les premières réductions en calcul des observations faites dans les différentes stations par les envoyés français. Dès 1875, il présentait à la commission le résultat de ces calculs déjà considérables, avec des remarques sur la possibilité d'en tirer un résultat satisfaisant, que les travaux ultérieurs n'ont que trop justifiées.

On doit signaler encore un travail aussi consciencieux que méritoire dont la science française est redevable à M. V. Puiseux. Il avait accepté la tâche ingrate de surveiller la nouvelle édition des Œuvres de Laplace, entreprise récemment sous les auspices de l'Académie des sciences et aux frais de la famille du grand astronome. Cinq volumes sont aujourd'hui publiés. On lit, dans la préface de cette œuvre grandiose :

« M. Puiseux, membre de l'Académie des sciences, et M. Houël, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, ont saisi avec empressement l'occasion de donner à la mémoire de Laplace un témoignage de leur vénération. C'est à leurs soins respectueux et à leur profonde intelligence des questions sur lesquelles s'est exercé le génie de Laplace

(1) *Recueil*, etc., t. II, p. 345.

que les astronomes et les géomètres devront reporter toute leur gratitude, lorsqu'ils reconnaîtront avec quelle scrupuleuse fidélité les textes ont été arrêtés, après des études et des comparaisons qui ont toujours permis de remonter à la vraie pensée de l'auteur. »

Puiseux avait, en effet, compris sa tâche autrement que les précédents éditeurs, qui avaient laissé subsister dans le texte beaucoup de fautes et d'incorrections, et en avaient même, suivant Terquem, introduit de nouvelles. Puiseux, au contraire, s'impose le devoir de refaire en entier les calculs immenses de la *Mécanique céleste* et d'en écarter toutes les erreurs de calcul. Ce fut au milieu des souffrances continues et parfois intolérables de la maladie qui l'enleva aux siens, que le vaillant serviteur de la science poursuivit cette œuvre en même temps que les calculs du dernier passage de Vénus, celui de 1882.

V

Chez Victor Puiseux, je l'ai dit dès l'abord, l'homme privé n'était pas moins digne de servir de modèle que le savant : il n'y a qu'une voix sur ce point. Ce n'était pas seulement un infatigable travailleur, un professeur dévoué, un collègue ou un maître bienveillant, serviable. A ces qualités qui le faisaient estimer et aimer, mais qu'il partageait avec beaucoup d'hommes de talent, il en joignait de plus rares. L'une des plus marquantes était l'absence totale d'esprit d'intrigue, d'ambition personnelle, de goût pour les dignités et l'apparat. Son indifférence pour les honneurs allait jusqu'à l'antipathie. Il pensait que c'est au pouvoir à distinguer le vrai mérite et non point à celui-ci à aller s'offrir. Maintes fois on le vit négliger une invitation officielle pour une réunion de famille. Sans avoir jamais sollicité, il fut nommé successivement chevalier, puis officier de la Légion d'honneur,

appelé au Comité consultatif de l'enseignement supérieur, au Conseil de l'Observatoire et dans de nombreuses commissions académiques, où il faisait autorité. Cette modestie, qui lui faisait rechercher en toutes circonstances la place la plus laborieuse et la moins en évidence, était chez lui sincère, sans aucune affectation. Uniquement préoccupé de servir la science, d'encourager les travailleurs obscurs, jamais il ne voulut tirer avantage pour lui-même de sa haute position officielle.

Son désintéressement poussé jusqu'à l'extrême lui attirait parfois des critiques. L'année qui précéda sa mort, obligé de se faire suppléer dans sa chaire de la Sorbonne, il sollicita du ministre sa mise à la retraite. Il était temps, disait-il, de faire place aux jeunes. Sa délicatesse de conscience s'alarmait d'avoir à garder le titre, ne pouvant plus remplir les fonctions. Il fallut le vœu unanime et officiellement exprimé de ses collègues, qui tenaient à honneur de le conserver, pour l'amener à revenir sur sa décision.

La simplicité, la douceur, la régularité de sa vie ont frappé tous ceux qui l'ont approché ; il ne connaissait d'autres jouissances que le travail, la contemplation des beautés de la nature, les joies pures de la famille. Puiseux avait épousé en 1849 la fille de M. Jeannel, alors proviseur du lycée de Versailles. Six enfants complétèrent en peu d'années cette union basée sur les meilleurs et les plus purs sentiments. Il eut la douleur de voir quatre d'entre eux, ainsi que madame Puiseux, le précéder dans la tombe. Deux fils seulement, deux fils dignes de lui, survivent aujourd'hui et gardent pieusement la mémoire de ses vertus. Eux seuls peuvent rendre témoignage à quel point sa tendresse paternelle a été ingénieuse et persévérante. Doué d'aptitudes presque universelles, il dirigeait leurs voyages, leurs amusements, leurs études. Pour eux il redevenait écolier et épelait à nouveau l'alphabet des mathématiques dont il possédait tous les secrets ; il maniait, non sans bonheur, la prose grecque et le vers latin. Ses goûts litté-

raires, très développés, le portaient vers les chefs-d'œuvre classiques. Jusqu'à la fin de sa vie aucune récréation intellectuelle ne valut pour lui une page de Virgile ou de Pascal.

Aucun devoir n'était indifférent à la conscience de Victor Puiseux, aucun n'effrayait son courage. Aimant profondément son pays, on le vit en juin 1848, récemment nommé à la Faculté de Besançon, quitter la toge de professeur pour le fusil de garde national, et se rendre à Paris pour y concourir à la défense de l'ordre social. Il fit mieux en 1870 : laissant dans le midi ses jeunes enfants, qu'il accompagnait en voyage de vacances, il vint s'enfermer dans Paris assiégé et donner à tous, dans les postes pénibles et périlleux des remparts, l'exemple de la fermeté et de l'abnégation.

D'après l'ensemble des traits, si dignes de respect, que je viens de retracer, je pense n'étonner aucun de mes lecteurs en ajoutant que Victor Puiseux était un homme de convictions sérieusement chrétiennes, fidèle, comme les Ampère, les Cauchy, les Charles Dupin, aux devoirs que lui imposait la foi de son enfance développée par la maturité de sa raison. Dès son séjour à l'École normale, il avait eu l'occasion de professer ses croyances religieuses, de les tremper dans le feu de la contradiction et de les épancher dans de précieuses amitiés. C'était l'instant où les conférences célèbres du P. Lacordaire avaient leur retentissement partout, jusque dans le sanctuaire de l'étude. Les discussions philosophiques et religieuses y étaient fort vives. Puiseux y prenait une part active, et mettait au service de ses convictions catholiques l'ascendant naturel que lui valaient son intelligence et l'aménité de son langage. Mais les premiers rôles allaient mal à sa modestie. Dans ces luttes courtoises, il aimait à s'effacer et à se faire le second de Pierre Olivaint, alors élève de la section des lettres, entré depuis dans la compagnie de Jésus, et tombé héroïquement en 1871 sous les balles de la Com-

mune. Toujours Victor Puiseux a gardé un souvenir d'admiration émue pour ce cœur plein de générosité et de conviction, né pour commander par le dévouement, comme l'a dit un de ses biographes. Leur association ne se bornait pas à ces discussions rarement fructueuses. Ensemble ils donnaient aux œuvres de charité une partie de leurs jours de congé. Ensemble ils fondèrent une des conférences de Saint-Vincent de Paul de Paris, aujourd'hui encore jeune et vivante, composée en grande partie d'élèves des écoles, et qui garde pieusement le souvenir de ses fondateurs.

L'extrême modestie de V. Puiseux lui faisait éviter l'occasion de parler en public, en dehors des sujets de mathématiques, bien que sa parole simple et persuasive, toujours mise au service de la vérité, lui assurât une réelle influence dans les discussions. Il faisait exception parfois, cependant, en faveur des œuvres de moralisation et de charité. Plusieurs personnes se souviennent de l'avoir entendu, devant les membres des cercles catholiques d'ouvriers, dévoiler les grandeurs de Dieu dans l'harmonieuse beauté des mouvements célestes.

Si, par amour de la concorde et de la paix, Puiseux cherchait peu les discussions sur les sujets politiques et religieux, jamais, en revanche, le savant géomètre n'hésitait à prêcher d'exemple et à remplir, sans forfanterie, les obligations que le temps présent impose aux hommes de foi. Lorsque, en 1876, quelques catholiques se réunirent à Bruxelles, convaincus de la possibilité et de la nécessité de combattre l'esprit irréligieux dans la science, pour fonder la *Société scientifique de Bruxelles*, il ne fit aucune difficulté d'apporter à la jeune association l'appui de son nom et le concours de son travail. Malgré l'état précaire de sa santé, il n'eut la conscience en repos qu'après avoir acquitté sa dette, ce qu'il fit par l'envoi d'un mémoire fort intéressant publié dans les *Annales* de la Société (1).

(1) Année 1877-1878, 2e partie, p. 1. Dans ce petit mémoire, intitulé :

Enfin, pour conclure comme le narrateur sincère auquel j'ai emprunté une partie de ces détails, « une bonté inépuisable, une charité active étaient comme l'âme de sa vie. Membre fidèle, zélé des conférences de Saint-Vincent, il a fallu que la maladie vînt lui enlever ses dernières forces pour l'empêcher de gravir l'escalier du pauvre. Il était le soutien d'une foule de bonnes œuvres, la plupart inconnues, même de sa famille, et dont sa mort a révélé le touchant secret. A côté des membres de l'Institut et de la Faculté des sciences, on a pu voir à ses obsèques les déshérités de ce monde, venus pour pleurer leur bienfaiteur. Suivant sa volonté expresse communiquée à l'Académie aussitôt après sa mort, aucun honneur militaire n'a été rendu, aucun discours prononcé sur sa tombe. Mais quel éloge officiel aurait pu valoir le témoignage muet de ces amis qu'il avait su se faire auprès de Dieu, et qui, suivant la promesse de l'Évangile, l'auront reçu dans les tabernacles éternels? »

Ces traits complètent la physionomie de cet homme de bien. Puiseux ne se laissa pas absorber par le culte exclusif de la science, comme tant d'autres. Grâce aux solides croyances religieuses gardées de son enfance, il ne cessa d'y joindre le culte sincère du Dieu de qui relève toute science, la pratique des devoirs de la charité envers les hommes. Mais je voudrais faire remarquer encore, au point de vue de la science même, combien, loin de nuire au développement de son intelligence, la foi a exercé une influence heureuse sur la direction de sa vie et la force de son talent. En gardant sa jeunesse des séductions de la vie parisienne, de l'entraînement des passions, elle a con-

Note sur les polygones qui sont à la fois inscrits dans un cercle et circonscrits dans un autre cercle, Puiseux reprend par une voie simple et élémentaire un problème traité autrefois par Jacobi, et lié intimement au problème de la multiplication de l'argument dans les fonctions elliptiques. Il donne une méthode ingénieuse pour déterminer directement les degrés de polynômes entiers qui jouent un rôle important dans la question, et en déduit un assez bon nombre de conséquences curieuses.

centré son ardeur intellectuelle et doublé sa puissance de travail. En lui inspirant une modeste défiance de lui-même, elle l'a préservé de cette présomption, de cette confiance en sa propre supériorité, qui constitue un grave danger dans les études scientifiques. En maintenant en lui le goût d'une vie simple, l'indifférence aux honneurs acquis par l'intrigue plus encore que par le mérite, elle a rendu plus pur et plus désintéressé son amour pour la science elle-même. Enfin, quand l'heure fatale de la maladie est venue, brisant ses forces et renversant tous ses plans de travail et de recherches, c'est là encore, il n'en faut pas douter, que Victor Puiseux a trouvé le courage d'accepter un sacrifice douloureux et de garder la sérénité de son âme au milieu de cruelles souffrances. La mort est venue le prendre le 9 septembre 1883, à Frontenay, dans le Jura, où il recevait l'hospitalité d'une famille amie, et où, fidèle aux convictions de sa vie, il a donné aux siens le consolant spectacle d'une mort vraiment chrétienne.

PH. GILBERT,
professeur à l'Université de Louvain.

L'ANTHROPOLOGIE

ET

LA SCIENCE SOCIALE[1]

(suite et fin)

XII.

Les êtres vivants ne concourent pas directement à la structure de leur organisme. C'est même à leur insu que leurs tissus et leurs organes se forment et se développent. Mais le Créateur a laissé à leur charge le soin de chercher et de recueillir les substances nécessaires à leur alimentation.

C'est la loi du travail imposée à tous les êtres vivants, et signifiée à l'homme dans les termes que rapporte la Genèse : « Chaque jour de ta vie tu demanderas ta nourriture au travail (2).»

Dans les sociétés simples, le travail n'a d'autre but que de procurer à l'homme ses aliments, ainsi que les outils et les armes sans lesquels il ne pourrait assurer son existence, puis des vêtements et un abri. Dans les sociétés plus élevées, l'activité humaine est plus étendue. Elle comprend en outre des arts usuels, la culture des lettres, des sciences

(1) Voir la livraison d'avril 1883, p. 393.
(2) Gen., III, 17.

et des arts proprement dits. Cette culture supérieure ne répond pas seulement aux nécessités essentielles de la vie. Elle représente les besoins que l'homme acquiert en se civilisant. C'est ce qu'on pourrait appeler le superflu, si ce superflu n'était en définitive l'aliment de son intelligence, le stimulant de son activité, et ne tenait une aussi large place dans la vie de toutes les sociétés policées.

La loi du travail a donc un caractère à la fois physique et moral, puisqu'elle intéresse les organes, la volonté et l'intelligence. M. Le Play a fait remarquer, à ce propos, « qu'une société tire sa force de l'ordre moral beaucoup plus que de l'ordre physique, en sorte que le travail même peu fructueux est plus utile que la richesse. Le peuple qui, par un privilège funeste, pourrait subsister sans travail serait voué par là même à une infériorité relative » (1).

C'est ce qui est arrivé à quelques races établies dans les chaudes régions du globe. Les produits spontanés du sol leur fournissant une alimentation abondante, et l'ardeur du climat les invitant à ménager leurs efforts, elles perdirent l'habitude du travail et se dépravèrent. Les sauvages du Nord, obligés à lutter journellement contre les rigueurs du climat, se sont maintenus à un niveau moral supérieur.

Dans les sociétés sauvages, l'homme vit des produits spontanés du sol, de la chasse, de la pêche, de la cueillette des fruits. Le sauvage n'a d'autres machines que ses bras et d'autres outils que ceux qu'il fabrique lui-même. Des armes, des instruments très simples, quelques vêtements, une hutte très primitive, voilà tout ce qu'embrasse son industrie. S'il exploite la forêt, c'est pour se procurer, sans art et sans prévoyance, le bois dont il a besoin. S'il connaît quelques métaux, c'est à l'état natif seulement. Il ignore l'art de réduire les minerais. La division du tra-

(1) Le Play. *Réforme sociale*, IV, 31.

vail n'existe pas chez les peuples sauvages. Chaque homme pourvoit lui-même à tous ses besoins.

Au rang le plus bas de l'humanité, parmi les peuples chasseurs, nous rencontrons les Australiens. C'est un triste pays de chasse que le leur. Le règne animal y est pauvrement représenté. S'il leur arrive parfois, rarement, de tuer un kangourou ou un émou, ils doivent se contenter le plus souvent de lézards, de la chair du wombat ou de l'opossum, de coquillages ou de poissons, qu'ils pêchent à la main, à marée basse. Leur nourriture consiste principalement en végétaux, surtout en fougères crues ou grillées, auxquelles ils ajoutent, comme supplément, quelques baies sauvages, des gousses d'acacia, des algues, une truffe (Mylitta australica) et la sève de l'eucalyptus. En temps de disette, ils mangent la chair de l'homme. Leur arme nationale est le boumerang, sorte de matraque ou de bâton recourbé, qu'ils lancent avec adresse. Ils se servent aussi du javelot ; mais ils ne connaissent ni l'arc ni les flèches. Ils fabriquent des haches en pierre taillée et non polie, comme celles des Européens quaternaires.

Les Australiens naviguent sur des radeaux ou des troncs d'arbres. Cependant quelques tribus fabriquent des pirogues au moyen de peaux gonflées d'air. Ils vont complètement nus, ou se couvrent simplement les épaules d'une peau de kangourou. Ils n'ont pas d'habitations fixes ; couchent où ils se trouvent, sur le sol, dans des huttes de branchages ou dans les grottes. Ils savent faire du feu en frottant deux bâtons de bois sec, et, comme cette opération est longue et laborieuse, ils emportent ordinairement avec eux un tison allumé. Ils ignorent l'art de faire la poterie. En résumé, c'est la vie humaine réduite à son état le plus rude et le plus précaire.

Les Boschimans de l'Afrique du Sud ont une existence aussi misérable. Leurs armes sont l'épieu, le javelot et l'arc. Ils ne connaissent pas les métaux et ignorent l'usage des vêtements. Ils vivent de ce qu'ils trouvent,

oignon d'Ixia, ail sauvage, tiges d'aloès, gomme, lézards, serpents, sauterelles, fourmis, etc. Mais les Boschimans ne sont pas anthropophages. Remarquons en passant, à propos de l'anthropophagie, qu'elle n'existe pas toujours chez les peuples les plus inférieurs, et qu'elle se développe souvent dans les civilisations relativement avancées. Elle tient d'ailleurs à plusieurs causes : soit à la disette d'aliments, comme en Australie ; au manque de nourriture animale, comme en Polynésie ; soit à un goût particulier pour la chair humaine, comme chez les Néo-Calédoniens, ou bien à des superstitions religieuses. C'était le cas chez les anciens Mexicains. A la Nouvelle-Zélande, le cannibalisme était inspiré par des préjugés guerriers. On se figurait acquérir, en le mangeant, les qualités de l'adversaire qu'on avait vaincu. A Sumatra, on a imaginé l'anthropophagie par piété filiale. Les enfants mangent leurs parents devenus vieux. Les Battaks dévorent les condamnés à mort, après leur exécution. C'est l'anthropophagie judiciaire. Aux îles Sandwich, on mangeait le corps des princes vertueux, après leur mort. Cela s'appelait manger le roi par amour. A la Guyane, l'anthropophagie n'était qu'un acte de vengeance.

Les Négritos (Andamanites, Schobaengs, Sémangs, etc.) répandus dans les îles du Bengale et de la mer de Chine, aux îles Andaman, Nicobar, aux Philippines et à Malacca, forment des tribus nomades vivant exclusivement de la chasse et de la pêche. Ils prennent le poisson à la main. Leur principal gibier est le cochon sauvage. Ils y ajoutent des tortues, des coquillages, du miel et pratiquent l'anthropophagie. Leur arme unique est l'arc. Quelques-uns portent en manière de vêtement une étroite ceinture en végétaux tressés autour des reins. Quatre perches supportant de larges feuilles leur servent de huttes.

Les Veddahs, dispersés dans les forêts au sud-est de l'île de Ceylan, forment aussi une population de chasseurs. Ils attaquent avec leurs flèches les plus forts animaux et

même l'éléphant. Mais ils vivent surtout de lézards, de singes, de racines et de miel.

Les Stiengs chasseurs de l'Indo-Chine habitent les forêts dans un état de simplicité comparable à celui des peuples que je viens de nommer.

Dans les pays du Nord, la vie sauvage est peut-être plus dure, mais elle est moins précaire. Les aliments ne manquent jamais. Les Tongouses de la Sibérie orientale représentent le type sauvage de la race jaune. Ils vivent de chasse et de pêche. Citons encore les Ostiaques du gouvernement de Tomsk et de Tobolsk ; les Vogouls ; les Lapons pêcheurs de la Suède et de la Norwège ; puis les Koriaques, les Youkaghirs et les Kamtchadales. Ces derniers ne se servaient encore que d'instruments de pierre avant l'arrivée des Européens.

Dans l'Amérique du Nord, nous trouvons les pêcheurs esquimaux, qui se nomment dans leur langue Innuits. Ils vivent de poisson cru, principalement de phoques et de baleines, dont ils mangent la graisse et l'huile. Leurs armes sont l'arc, la lance et le harpon. Ils ont des embarcations bien construites ; des traîneaux attelés de chiens ; des habitations souterraines pour se garantir du froid, et portent des vêtements en peaux de phoques ou de rennes.

Les pêcheurs Koluches (dans leur langue Thlinkits) de l'ancienne Amérique russe ont été rattachés par M. de Quatrefages au rameau des blancs allophyles hyperboréens. Ce sont aussi de purs sauvages.

Si du nord du continent américain nous descendons vers le sud, nous avons d'abord à citer les Peaux-Rouges, intrépides chasseurs, vivant de gibier et de fruits sauvages, pleins de dédain pour l'agriculture qu'ils pratiquent pourtant pendant une saison de l'année. Excellents cavaliers, ils n'élèvent pas le cheval à l'état domestique, et se contentent de capturer les chevaux sauvages dont ils ont besoin. Les peaux de bizon servent à la confection de leurs vêtements et de leurs mocassins. Leurs campements se com-

posent de huttes formées de perches recouvertes de peaux. Ils savent fabriquer la poterie et, avant l'arrivée des Européens, travaillaient le cuivre natif qu'ils recueillaient sur les bords du lac Supérieur ou dans les alluvions des rivières. C'étaient des races prospères, amplement pourvues de vivres et de gibier, avant que la civilisation eût envahi leurs territoires de chasse.

On est d'accord pour placer au plus bas de l'humanité, à côté des Australiens et des Boschimans, les Botocudos ou Aymores, qui errent par petites peuplades au nord du Rio de Janeiro, dans les vallées boisées du Rio-Doce et du Mucury. Ils vivent à l'état nomade sans autre abri qu'une sorte de nid temporaire en branchages. Ils chassent avec d'énormes flèches de six pieds de long, font des filets en fibres végétales, et se servent de haches en pierre. Ils sont anthropophages.

Parmi les sauvages chasseurs de l'Amérique, je citerai encore les Caraïbes ou Galibis, les Charruas, les Araucans, les Puelches et les Patagons, anthropophages pour la plupart. L'arc, la fronde et les boules (bollas) sont leurs armes nationales. Ils ignorent la pêche. Leur gibier favori consiste dans la vigogne, qu'on chasse jusqu'au détroit de Magellan, le guanaco, l'autruche (Rhea americana), le cheval et le bœuf.

Enfin les Fuégiens, qui vivent plus au sud, se nourrissent de poissons, de veaux marins, de pingouins, de coquillages ou de végétaux. Au temps de Wallis, ils mangeaient tous leurs aliments crus. Leurs flèches sont garnies de pointes en pierre. C'est leur arme unique. Ils naviguent dans de mauvaises pirogues en écorce. Leur vêtement, quand ils en ont, consiste en une peau de guanaco, dont ils se couvrent seulement les épaules, malgré la rigueur du climat. Quelques sacs en matière végétale tressée forment leur mobilier. Ils s'abritent dans des huttes en branchages.

L'existence des peuples pasteurs est moins précaire et

plus stable que celle des chasseurs. Ils habitent des climats tempérés et s'attachent aux régions où les pâturages abondent. Ils forment des groupes familiaux appartenant au type patriarcal. Ce ne sont plus des sauvages. La qualification de barbares leur convient mieux.

L'Afrique nourrit de grandes races pastorales. Les Hottentots entretiennent de vastes troupeaux de vaches et de moutons, dont ils tirent du lait et de la viande. En général dans toute l'Afrique équatoriale, les bovidés vivent à l'état sauvage, et l'on ne capture que les vaches. L'usage des bœufs s'est introduit seulement au contact des Européens.

Les armes des Hottentots sont l'arc et la sagaie. Des courges creusées, des sacs en peau et des vases en terre poreuse, forment leur mobilier. Ils construisent des huttes demi-circulaires, longues de $3^{m}50$ à 4^{m}, hautes de $1^{m}30$ à $1^{m}50$, faites de branchages et couvertes de peaux. Leur vêtement consiste en un tablier de peau attaché autour des reins, auquel les personnes de distinction ajoutent parfois un manteau en peau de mouton.

Les Hottentots pratiquent l'odieuse coutume d'abandonner les vieillards et les malades qui ne peuvent suivre les tribus errantes.

Au premier rang des populations pastorales de l'Afrique, il faut citer encore les Cafres. Leur principale nourriture est le lait. Ils y ajoutent quelques aliments végétaux, le sorghum, le maïs, des racines, mais peu de viande. Cependant ils pratiquent l'anthropophagie aux dépens de leurs voisins les Boschimans, chez qui ils vont s'approvisionner de chair humaine. L'esclavage est inconnu dans les sociétés cafres. C'est un fait rare en Afrique. Leur arme nationale est la lance ou la sagaie. Ils se servent aussi de la massue. L'arc est à peu près inusité. Pour tout vêtement ils portent, comme les Hottentots, un tablier de peau autour des reins. Leurs huttes, de forme circulaire, sont couvertes de chaume et présentent l'aspect de grandes ruches de 12 à 15 pieds

de diamètre. C'est le type répandu dans toute l'Afrique nègre.

Citons encore parmi les peuples pasteurs quelques tribus des Peuls et des Noubas, notamment les Vakouafis, qui vivent patriarcalement et changent de territoire tous les trois ou quatre mois, et enfin les Berbers et les Arabes nomades.

Les Arabes, qu'on ne rencontre dans l'Afrique septentrionale qu'à titre d'envahisseurs, nous amènent à parler de leur pays d'origine, de l'Asie, où la vie pastorale a pris tout son essor, favorisée surtout par les vastes pâturages qui constituent la steppe. Là nous trouvons ces innombrables populations mongoliques à demi civilisées, adonnées à la vie nomade, s'abritant sous des tentes et vivant du produit de leurs troupeaux, les Mongols proprement dits, les Kalmouks, les Kirghizes, les Bouroutes, les Turcomans, les Tartars de Tobolsk et de Tomsk, les Yakouts, les Ostiaques, en partie aussi pêcheurs et chasseurs.

Dans les régions hyperboréennes, dans la Sibérie orientale, au nord de la Suède et de la Norwège, vivent les pasteurs de rennes, les Samoyèdes, les Lapons, les Koriaques, les Tchouktches. Prenons ces derniers pour type. La viande de renne est leur principale nourriture. Mais ils mangent aussi la chair de l'ours quand ils peuvent s'en procurer, et ont un goût particulier pour la graisse de baleine, qu'ils consomment toute crue. Ils se servent encore d'outils et d'armes en os ou en pierre. Leurs vêtements sont des blouses à capuchons, en peau de renne, leurs chaussures sont en peau d'ours ou de phoque. Ils vivent sous des tentes en peau de renne, où ils s'entassent au nombre de dix ou quinze, sans autre moyen de chauffage que leurs lampes.

Si nous descendons de ces régions glacées au sud de l'Inde, nous y trouvons encore un petit peuple de pasteurs, les Todas, d'origine dravidienne.

L'Amérique renferme peu de populations pastorales. A

l'époque de la conquête, il n'y avait d'autres animaux domestiques que le lama et l'alpaca. Les grands troupeaux de bœufs de l'Amérique du Sud sont traités plutôt en gibier qu'en bétail et demeurent à l'état sauvage comme les chevaux, que l'on capture et qu'on dresse suivant les besoins. On cite cependant quelques pasteurs au sud de la Bolivie et dans le nord de la Plata, les Mbocobis et les Tobas.

La vie pastorale a sur celle des sauvages chasseurs ou pêcheurs des avantages moraux et matériels. Elle crée des ressources d'alimentation sûres, régulières et abondantes ; elle donne aux populations nomades l'indépendance et l'égalité sociale ; elle entretient la simplicité des mœurs et l'on voit s'y développer l'esprit de discipline et d'obéissance sous l'autorité des chefs de famille. Tous ceux qui ont visité les pasteurs nomades des plateaux de la haute Asie, les voyageurs anciens comme les modernes, s'accordent à en parler avec de grands éloges. « Les Saces, disait Chœrilas, cité par Strabon, habitent au cœur de l'Asie de riches campagnes fertiles en blé ; mais leur vraie patrie est le lointain désert, où errent les nomades, ces hommes vertueux et justes (1). » « Ces bons Mongols, écrit le P. Huc dans son voyage en Tartarie (2), ont l'âme essentiellement religieuse. La vie future les occupe sans cesse ; les choses d'ici-bas ne sont rien à leurs yeux ; aussi vivent-ils dans le monde comme n'y vivant pas. » Écoutez enfin M. Le Play : « Les populations dans ce vaste Pays des Herbes (comme l'appellent les Chinois) constituent pour l'humanité une permanente réserve de travaux simultanés du corps et de l'esprit. Elles se distinguent entre toutes par leur frugalité et leur énergie physique, par la simplicité de leurs idées et par la justesse de leurs principes. Elles ont réformé par la conquête les nations agricoles de l'ancien monde,

(1) Strabon, VII, III, 99.
(2) *Voy. en Tartarie*, 1853, t. I, p. 48.

chaque fois que les classes dirigeantes y ont été envahies par l'antagonisme social, la corruption des mœurs, la décadence physique et la confusion des idées. Les nomades des steppes asiatiques ont, dans tous les temps, rempli cet office pour l'empire chinois, et ils en assurent encore la durée. Ils sont prêts à reprendre ce rôle devant les races européennes, si, ce qu'à Dieu ne plaise, celles-ci, dominées par un conquérant et ne trouvant plus dans leur concurrence mutuelle un moyen permanent de réforme, devaient retomber dans la corruption de Babylone, de Thèbes, de Rome ou de Constantinople.

» En coordonnnant les souvenirs que m'ont laissés de longs voyages, je place en première ligne ceux qui se rattachent à la grande steppe de l'ancien continent. Je l'ai visitée trois fois et chaque fois l'impression a été la même. Le spectacle qu'offre au printemps cette mer de fleurs est plus charmant et aussi grandiose que celui de l'Océan. Les habitants de la steppe, lorsqu'ils ne sont pas corrompus par le contact des « civilisés », inspirent au voyageur, plus que tout autre type de la race humaine, l'affection et le respect. Tous les occidentaux qui ont séjourné chez les habitants de la steppe ont éprouvé la même impression. Tous m'ont avoué que, rentrant chez les peuples sédentaires, ils n'ont guère ressenti que le regret et la désillusion.

» La supériorité morale des races de la steppe dérive de deux causes permanentes : de l'autorité patriarcale qui soumet la jeunesse aux traditions du décalogue éternel ; des occupations pastorales qui mettent chacun en présence des grandes scènes de la nature et reportent constamment la pensée sur la toute-puissance de Dieu (1).»

La vie pastorale a cependant son revers. Elle est peu favorable au progrès. Les pasteurs, comme les sauvages, ont un attachement prodigieux pour leur genre de vie. Ils

(1) *Réforme sociale*, ch. 51. XII.

le préfèrent à tout. Mais la vie nomade laisse l'esprit en friche, et ne permet pas de développer les hautes facultés de l'intelligence toujours enfermée dans le même cercle très étroit. Le respect de la coutume, qui est une excellente chose en soi, a pour résultat d'augmenter encore cette tendance à l'immobilité. En sorte que le passage de la vie pastorale à la vie agricole offre des difficultés. On en a cependant des exemples. Sous l'influence des Russes, les Kirghizes nomades du Turkestan se sont mis à cultiver le sol et à construire de grands villages où ils passent l'hiver.

La vie et l'industrie agricoles représentent un état social bien supérieur. A l'exception des peuples nomades que nous avons énumérés, beaucoup des populations asiatiques s'adonnèrent à l'agriculture dès les temps les plus reculés. Les Aryas védiques étaient déjà agriculteurs. La charrue est d'origine asiatique. Elle était inconnue dans toute l'Afrique nègre. Les Égyptiens l'avaient reçue ou apportée d'Asie. Dans les îles océaniennes et dans les deux Amériques, on ne se servait que de piques ou de herses pour retourner le sol.

Parmi les peuples mongoliques il ne manque pas de populations agricoles, les Ziryênes, les Votiaques, les Tcheremisses. Chez les peuples dravidiens du sud de l'Inde, on compte aussi de bonnes races agricoles, telles que les Badagas, une partie des Gonds et des Khonds, qui vivent à l'état patriarcal. Dans l'Inde centrale, les Moundas pratiquent aussi l'agriculture. Beaucoup d'entre eux ignorent encore l'usage des métaux et ne se servent que d'instruments de pierre. Citons encore, vers le haut Indus, les Djats d'origine aryenne ; puis les Tadgiks sédentaires de la Perse, les Tats, les Afghans occidentaux, etc.

L'agriculture est en grand honneur parmi les nègres de l'Afrique. Ils n'y emploient pas d'animaux domestiques, mais les femmes et les esclaves. On sait que l'Afrique est la terre classique de l'esclavage.

Dans l'Afrique équatoriale et agricole, on cultive le

dattier, le bananier, le riz, le maïs, le blé, les pois, le sorgho, l'indigo et des plantes textiles. Les troupeaux fournissent de la viande et du lait. Sous l'influence de l'islamisme, les nègres ont adopté l'usage des vêtements. Hors des pays mahométans ils sont entièrement nus, (Dinkas, Chillouts, etc.), ou bien ils portent un simple tablier de cuir ou d'écorce. D'autres se couvrent seulement les épaules d'une peau de bête.

Ils construisent des maisons en forme de ruches d'abeilles, de trois à quatre mètres de diamètre, avec le foyer au centre, et forment des agglomérations qui méritent le nom de villages et même de villes. Leur mobilier est très simple, et ne consiste qu'en nattes et en peaux d'animaux.

Les nègres d'Afrique ont connu le fer de toute ancienneté et s'en servent avec habileté pour la fabrication de leurs outils et de leurs armes. Ils font usage de la lance, du javelot, de la hache et de l'arc. L'industrie du forgeron est en honneur chez eux. Ils savent tisser les étoffes et tanner le cuir. Passionnés pour la musique et pour la danse, ils confectionnent quelques intruments très primitifs, des tambours, des trompettes, des cloches en métal ou en bois.

On voit que chez les nègres la vie agricole s'élève à un certain développement industriel. « Les annales d'Amed-Baba, dit M. de Quatrefages, démontrent qu'au moyen âge le bassin du Niger a contenu des empires fort peu inférieurs, à certains égards, à bien des souverainetés européennes de la même époque (1). » Il ajoute que les découvertes de Barth ont mis hors de doute l'existence d'une histoire politique chez les nègres. Malheureusement, comme tous les barbares, ils jouissent en prodigues des richesses que la nature a amassées sur le continent africain. Ils font aux grands animaux, et en particulier aux éléphants, une guerre d'extermination, maintenant surtout qu'ils peu-

(1) *L'Espèce humaine*, 4e édition, p. 332.

vent les attaquer avec des armes à feu. Au Wouadigo, dans l'Afrique orientale, on brûle l'ivoire comme combustible pour les besoins domestiques. C'est ainsi que nos pères ont traité le mammouth et les géants de la faune quaternaire.

Les Malais et les Javanais sont tous agriculteurs et dans un état de civilisation assez avancé. Les dayaks de Bornéo cultivent le riz, qui est leur principale ressource alimentaire. Ils élèvent le chien, le cochon et la volaille. La seule chasse qui ait de l'attrait pour eux est la chasse à l'homme, dans le but sauvage de se procurer des têtes et d'en faire des trophées. Ils sont bons forgerons et construisent des huttes sur des pieux élevés. Une bande d'étoffe tournée autour des reins et des cuisses forme leur vêtement.

Chez les Papous de la Mélanésie, l'agriculture est restée à l'état rudimentaire. A la Nouvelle-Guinée, ils cultivent une plante indigène, le sagou, de la famille des palmiers, et le riz dont ils doivent l'importation aux Malais. Leurs animaux domestiques sont le chien, le cochon et la volaille. Ils ignorent l'usage des boissons fermentées. Leur vêtement se compose de ceintures faites avec des feuillages entrelacés. On trouve à la Nouvelle-Guinée des habitations construites au milieu de l'eau à quelque distance du rivage, sur des pilotis, comme celles des populations lacustres de l'Europe préhistorique. Les Papous fabriquent de la poterie. Leurs armes sont l'épieu, la lance, l'arc et la hache en pierre polie. Ils ne connaissaient pas les métaux. On trouve parmi eux des musiciens et des chanteurs s'accompagnant sur un tambourin de leur fabrication. Navigateurs entreprenants, ils entretiennent avec leurs voisins des relations commerciales par mer, au moyen de canots très primitifs faits avec des troncs de palmiers creusés intérieurement.

Les Papous de la Nouvelle-Calédonie cultivent l'igname, le taro (Arum esculentum), la canne à sucre. Leurs terres sont habilement irriguées. La faune indigène est fort

pauvre. Ils n'ont aucun animal domestique, pas même le chien. Ils mangent une chauve-souris, la roussette, et se livrent à l'anthropophagie. La fronde est leur arme favorite. Ils ne connaissent pas l'arc et fabriquent, comme les naturels de la Nouvelle-Guinée, des haches en pierre, dont les manches sont habilement décorés.

Tous les Polynésiens sont agriculteurs. Aux îles Sandwich l'agriculture a même pris un développement remarquable. Sur ces îles madréporiques de récente formation, la flore est luxuriante, mais très peu variée. Le cocotier fournit un aliment précieux, un breuvage, du bois de construction, des fibres textiles, etc. Tout est utilisé. L'arbre à pain (Artocarpus incisa) florissait surtout à Taïti, où il faisait le fond de l'alimentation. Il manque à l'île de Pâques. Les Polynésiens ont encore l'igname (Dioscorea) et ses nombreuses variétés, les rhizomes de Colocasia esculenta, le papayer (Carica papaya), les bananiers, les patates, la canne à sucre. La plupart de ces végétaux manquent à la Nouvelle-Zélande, riche en plantes vasculaires et en fougères arborescentes. Les Polynésiens sont pêcheurs et navigateurs habiles, mais ils ne sont pas chasseurs. La faune est d'ailleurs très pauvre dans leur archipel. On y trouve quelques oiseaux, des lézards, le rat, la roussette et, à l'état domestique, le chien, le cochon, et la volaille. Les Néo-Zélandais ne connaissent même que le chien. L'anthropophagie qui a régné dans toutes ces îles tend à disparaître. Elle n'est plus pratiquée aux îles Marquises.

Les Polynésiens construisent des huttes, supportées par des pieux élevés. Ils se font des ceintures en matières végétales, et n'ont pas d'objets mobiliers autres que leurs armes. A la Nouvelle-Zélande, on trouve des roches dures que les Maoris utilisent pour leurs armes. Dans les autres îles, où les pierres dures font défaut, on les remplace par le bois et l'os.

Parmi les populations agricoles de l'Amérique on cite les Indiens des Pueblos; les Aymaras, descendants actuels

des anciens Péruviens qui forment une race douce et sociable, adonnée à la vie agricole et pastorale ; puis les Guaranis, représentés comme affables et hospitaliers ; et les Abipons, dispersés dans la province de Corrientes et d'Entre-Rios.

Si je me suis étendu, un peu longuement peut-être, sur les détails de la vie barbare et sauvage, c'est que l'école évolutionniste en a tiré des conséquences qui me paraissent peu d'accord avec les faits, et que je ne pouvais discuter sans mettre les faits sous les yeux du lecteur.

Constatons d'abord que les différentes races humaines ont eu ou ont encore leurs peuples chasseurs, pasteurs et agriculteurs. Le genre de vie ne dépend donc pas de la race. Il résulte de l'influence des milieux, de la nature du sol, des climats, de l'état de la flore ou de la faune, etc. Les trois états sociaux, successivement étudiés, ne représentent pas non plus des phases d'évolutions. Les pasteurs de rennes des régions hyperboréennes ne deviendront jamais agriculteurs ; leur climat s'y oppose. Les Polynésiens, n'ayant jamais eu d'animaux sauvages à poursuivre, n'ont pas été chasseurs avant de devenir agriculteurs. L'un ou l'autre de ces trois genres de vie peut représenter un état social très primitif. On serait bien embarassé, par exemple, pour établir un classement basé sur le plus ou moins de civilisation, entre les chasseurs caraïbes de l'Amérique du Sud, les Tchouktches pasteurs de rennes des bords de l'océan Glacial sibérien et quelques Moundas agriculteurs de l'Inde, qui n'ont encore dépassé ni les uns ni les autres l'âge de la pierre.

Remarquons à ce propos que la classification des âges de la pierre, du bronze et du fer, adoptée par les archéologues, d'après des faits observés principalement en Europe, n'est pas justifiée par l'ethnographie générale. S'il est vrai que, dans l'Europe occidentale, nos ancêtres quaternaires aient ignoré l'usage des métaux et qu'ils aient été remplacés successivement par des populations faisant

usage du bronze d'abord puis du fer, les choses se sont passées ailleurs tout autrement.

Le fer paraît avoir été connu de toute ancienneté des populations africaines. Cependant M. J. Hutchinson a vu, à Bassakou, près de Ballipa, sur la côte de Guinée, des indigènes fendre du bois avec des hachettes en pierre. En Asie aussi, quelques peuplades sont restées jusqu'à nos jours à l'âge de la pierre. Mais les grandes civilisations assyrienne et babylonienne ont connu le bronze et le fer dès la plus haute antiquité. Il en fut de même en Égypte et en Chine. Et cependant dans l'Asie occidentale, comme sur les bords du Nil, le bronze fut préféré au fer jusqu'à une époque relativement récente; et l'on peut dire que ces antiques civilisations ont accompli leur évolution complète avec le bronze. Les peuples de l'Amérique centrale n'ont jamais connu le fer. Le cuivre était leur métal usuel. A l'exception des Mexicains et des Péruviens, tous les Américains des temps antérieurs à la conquête faisaient usage d'instruments de pierre. L'emploi du cuivre natif dans l'Amérique du Nord n'avait pas un caractère métallurgique. Les Peaux-Rouges ne savaient pas le fondre. Ils le travaillaient à coups de marteau comme ils auraient fait d'un silex. La Malaisie et la Polynésie sont arrivées jusqu'à nos jours sans connaître les métaux. La prétendue succession des trois âges de la pierre, du bronze et du fer n'a donc pas la régularité et la constance que voudrait lui attribuer l'école transformiste.

Ainsi l'évolution ne s'est pas produite partout uniformément. Mais toutes les fois qu'en un lieu donné des peuples pasteurs ou chasseurs s'élevèrent à la vie agricole et sédentaire, un progrès considérable fut accompli. La vie agricole a été le point de départ de toutes les grandes civilisations. Les besoins variés de l'agriculture favorisent l'invention de machines plus ou moins ingénieuses, provoquent l'emploi des animaux domestiques, comme bêtes de trait ou de somme, puis des forces naturelles

telles que les vents, l'eau, plus tard la vapeur et l'électricité. L'exploitation des richesses minérales du sol accompagne celle des richesses agricoles. L'abondance de la production crée la nécessité de l'exportation, des relations commerciales. Les voies et les moyens de transport se multiplient. Les rapports avec l'étranger deviennent plus fréquents. L'esprit de nouveauté se développe et brise les liens trop rigides de la coutume. L'industrie progresse en étendant son domaine, et la science naît des besoins de l'industrie.

Prise dans son ensemble, la civilisation offre une perpétuelle évolution. Toute acquisition nouvelle procède d'un état antérieur, et l'on peut chercher, dans ce qui est, la trace de ce qui fut, à la condition de se laisser guider par les faits au lieu de torturer les faits pour les besoins d'un système imaginaire. On s'est demandé aussi, en procédant par induction du connu à l'inconnu, ce que pourront être les civilisations de l'avenir. Je ne me permettrai pas d'aborder un problème aussi complexe. Mais il est certain que les progrès de l'industrie tendent à modifier prodigieusement les conditions naturelles de la vie. Nous voyons, par exemple, se produire sous nos yeux, et par le fait de l'homme, une incessante transformation des flores et des faunes, les espèces sauvages disparaître progressivement et céder la place aux espèces domestiques. Que résultera-t-il de cette intervention de l'homme dans la distribution de la vie à la surface du globe? L'entretien de la vie est un art divin. L'homme saura-t-il maintenir l'équilibre, le balancement entre les espèces qu'il aura artificiellement préservées ou propagées? En Chine, où la civilisation est déjà vieille de tant de siècles, la végétation spontanée n'a plus d'asile, dit-on, qu'au bord des routes et se réduit à un petit nombre d'espèces, un pissenlit, un tournefortia, la bourse à pasteur; l'arbre n'a de refuge qu'auprès des tombeaux (1).

(1) Coutance. *La Lutte pour l'existence*, Paris 1882, p. 448.

Dans la jeune Europe, la forêt s'en va ; la houille s'épuise. Il a suffi d'un insecte importé d'Amérique pour détruire la vigne. Quels succès ou quelles déceptions attendent nos arrière-neveux ?

Jusqu'à notre temps cependant le progrès matériel n'a cessé de suivre une marche ascendante, tant que les nations sont restées fidèles à la loi morale. Mais l'état de civilisation fait naître des dangers auxquels les hommes ont toujours eu de la peine à se soustraire. Il transforme les éléments sociaux et substitue une inégalité croissante à l'égalité primitive. A côté des arts usuels, on voit naître les arts libéraux, dont les œuvres plus rétribuées permettent d'arriver plus vite à la richesse. Au milieu d'une majorité pauvre et laborieuse, s'élève une minorité riche, savante et forte, exposée à la corruption qu'engendrent la richesse, la science et le pouvoir. Si cette minorité tombe sous l'empire des appétits sensuels, si elle entre en révolte contre Dieu, si elle oublie ses devoirs sociaux, elle ne tarde pas à devenir oppressive, tyrannique et à perdre l'affection et le respect des classes inférieures. A la paix sociale succèdent la discorde et la haine, l'antagonisme du patron et de l'ouvrier.

M. Le Play, dont je me suis inspiré en traçant les lignes qui précèdent, a montré avec cette précision scientifique qui donne tant d'autorité à ses écrits, en quoi consiste ce mécanisme de la prospérité et de la décadence des nations. Autant que qui que ce soit, il a rendu justice au progrès moderne et décrit avec une admiration sans réserve les conquêtes de la civilisation. Mieux que personne il en a montré les périls, en signalant les remèdes propres à atténuer les maux qu'elle engendre.

Les transformations rapides de l'industrie tendent à modifier constamment l'équilibre des forces sociales. Quelle révolution dans les arts manuels et dans la condition des travailleurs l'emploi toujours croissant des machines n'opère-t-il pas sous nos yeux ! Au dernier banquet annuel

de la chambre syndicale des chauffeurs, conducteurs et mécaniciens, M. Hervé Mangon établissait le bilan des machines à vapeur, pour la France seulement, en 1881. A cette date, il y avait en France 66 727 chaudières produisant 3 608 524 chevaux-vapeur. « Cette force totale, de près de 4 millions de chevaux, est si grande, qu'on ne se la figure pas bien. Pour en donner une idée il me suffira de dire qu'on la produirait à peine, si on pouvait la former, avec un attelage de chevaux placés quatre de front et qui occuperait la distance de Paris à Lyon (1). » Il est difficile de se rendre compte *à priori* des conséquences économiques d'une pareille force toujours en croissance. Elle rend certainement beaucoup de bras disponibles. C'est un inconvénient auquel un bon système colonial apporte le meilleur remède. Cet état de choses cause peu de trouble dans une nation riche en colonies et qui peut verser sur des terres nouvelles l'excédent d'une population riche et industrieuse.

On s'est préoccupé d'un autre danger qui, dit-on, menacerait l'ouvrier. La division du travail, le besoin croissant de spécialisation, serait une cause d'abaissement intellectuel, en condamnant le même individu à travailler perpétuellement dans le même cercle de plus en plus étroit.

M. Le Play, dont la compétence en pareille matière est incontestable, parce qu'il a passé sa vie au milieu des ouvriers, affirme au contraire que la pratique des arts usuels est, par elle-même, un moyen de culture intellectuelle. « Ayant, dit-il, consacré vingt années à l'investigation des méthodes métallurgiques de l'Europe, j'ai souvent constaté que les ouvriers d'élite, qui se transmettent la tradition de l'art, aperçoivent nettement des réactions chimiques encore ignorées des savants (2). » Il rappelle à ce sujet que les praticiens de l'agriculture, de la métallurgie et de plusieurs autres professions furent, dans l'an-

(1) *La Nature*, 2 juin 1883, p. 14.
(2) *Réforme sociale*, ch. 32, III.

tiquité et le moyen âge, les précurseurs des savants d'aujourd'hui. « Toute la science moderne est sortie des ateliers de travail et du laboratoire des empiriques. » Il est bon assurément qu'une certaine dose d'enseignement littéraire et scientifique soit jointe à l'apprentissage de chaque profession; mais M. Le Play pense avec raison que les orateurs en quête de suffrages populaires ont beaucoup exagéré ce besoin, et enseigné une dangereuse erreur en promettant au savoir le succès que la vertu seule peut donner (1).

Quant à supprimer les inégalités sociales, à rétablir l'égalité primitive des conditions, c'est une pure utopie inconciliable avec l'état de civilisation. Il n'y a pas de progrès possible sans division du travail, et la division du travail engendre nécessairement des inégalités sociales. Partout où les ouvriers intelligents peuvent s'élever librement jusqu'aux premiers rangs de la bourgeoisie, il se produit un véritable drainage aux dépens de la classe ouvrière. Dans les sociétés bien organisées, l'ascension d'une classe à une autre se produit régulièrement, mais lentement et sans secousses. Dans les sociétés troublées, elle est parfois si rapide que les classes ouvrières ne conservent guère que les individualités sans valeur, ce qui abaisse considérablement la moyenne de leur niveau moral et intellectuel.

Tout l'effort doit tendre à atténuer autant que possible ces inégalités par l'assistance et le patronage, de façon à assurer à l'ouvrier son pain quotidien et la possibilité de s'élever d'une classe à une autre par la moralité, le travail et l'épargne. Je n'ai pas à entrer ici dans des détails spéciaux à l'économie sociale. Disons cependant que les sociétés de secours mutuels ne remplissent qu'imparfaitement ce but. C'est un palliatif utile chez les peuples désorganisés. Mais il est impuissant à guérir des maux dont il faut chercher la cause dans les vices du patron et de l'ou-

(1) *Réforme sociale*, ch. 31, IV.

vrier (1). Il ne faut pas non plus confondre le régime du patronage et celui de la corporation. Les anciennes corporations étaient en réalité des syndicats de patrons, organisés dans le but d'assurer aux membres de la corporation l'exploitation d'un monopole. Les ouvriers en étaient exclus, c'était tout le contraire de la liberté du travail (2). Ce n'est donc pas sur ce terrain qu'il faut tenter d'opérer une réforme féconde. Le patronage est une tout autre chose. C'est l'ensemble des devoirs privés et publics des patrons à l'égard des ouvriers, des classes dirigeantes envers les classes populaires. Le patronage bien compris doit tendre à assurer le travail par la permanence des engagements entre les parties intéressées, à créer des institutions de prévoyance, à moraliser les classes laborieuses par le bon exemple et l'enseignement. Par la participation aux bénéfices, on intéressera l'ouvrier au progrès et au succès de l'usine. Par une sage législation, on lui donnera les moyens de créer une famille stable, d'acquérir et de transmettre la propriété du foyer. On protégera enfin la femme contre les dangers de la séduction. Mais, je le repète, toutes ces réformes seraient inefficaces, si elles n'étaient pas fécondées par la vertu.

C'est donc de la pratique de la vertu que les classes ouvrières ont le plus à attendre pour leur soulagement. Aussi les démagogues, qui se disent les amis du peuple, travaillent-ils contre lui, en s'efforçant de détruire dans les masses les bases religieuses et traditionnelles de la morale. Ils préparent, — si toutefois, ce qu'à Dieu ne plaise, ils réussissent dans leur entreprise, — une ère d'asservissement des classes ouvrières dont on n'aura pas encore eu d'exemple dans le monde. En dehors de la loi morale, il ne reste plus que l'exploitation de l'homme par l'homme, du faible par le fort, en un mot la concurrence

(1) *Réforme sociale*, ch. 46. VI.
(2) Voir la revue *la Réforme sociale*, année 1883, p. 393.

vitale dans toute sa rigueur sauvage, à moins que la force ne reste au nombre, et que des majorités confuses, privées des enseignements de la foi et des lumières de la science, ne précipitent le vieux monde européen dans une nouvelle période de barbarie.

En présence de cette éventualité, beaucoup d'hommes se croisent les bras en disant : C'est la destinée des nations ; après avoir atteint le faîte de la prospérité, elles sont fatalement condamnées à descendre. L'histoire est là pour le prouver.

L'histoire, en effet, est pleine de ces décadences et de ces ruines ; mais il est faux qu'elle nous représente cette évolution des sociétés humaines comme soumise à une loi fatale. La morale enseigne depuis longtemps le contraire, et l'observation des faits sociaux le confirme pour ceux que les lumières de la morale n'éclairent pas suffisamment. Les nations sont libres et responsables de leurs destinées. On pourrait objecter à cela que la bonne volonté et la liberté ne suffisent pas toujours, et que les hommes se trompent parfois sur les meilleurs moyens à employer pour atteindre le but cherché. C'est précisément l'objet de la science sociale d'éclairer leurs incertitudes et de démontrer méthodiquement comment les peuples grandissent, comment ils tombent et comment ils se relèvent.

XIII.

Il ne faut pas chercher ailleurs que dans la nature même, l'origine du droit de propriété. Le carnassier qui se cantonne dans un territoire de chasse et le défend contre les entreprises de ses voisins, le chien qui enterre sa proie pour la retrouver quand il aura faim, l'oiseau qui recueille pour son nid des brins de laine ou de duvet, l'abeille qui dépose près de sa larve une petite provision de miel pour la nourrir après son éclosion, font acte de

propriété. Même dans ce dernier cas on voit apparaître le droit de transmission et de succession. Nous ne discuterons donc pas avec les sophistes la légitimité du droit de propriété, qui est aussi spontané que légitime ; et nous allons passer en revue les principales institutions qui en dépendent.

Les causes qui ont influé sur l'organisation de la propriété sont très variables. Elles tiennent soit à la nature du sol, au climat, aux productions naturelles ; soit au genre de vie que mènent les hommes, à leur organisation sociale et familiale et aux circonstances innombrables déterminées par la lutte des intérêts contradictoires et les coutumes particulières. Mais on peut ramener les diverses formes de la propriété à trois types ; la propriété communale ; la propriété familiale ; et la propriété individuelle. Nous allons les étudier successivement.

Remarquons d'abord qu'il n'y a pas de société sauvage, si simple soit-elle, où l'on ne trouve au moins la propriété personnelle des vêtements, des outils et des armes. Mais l'appropriation du sol peut ne pas exister, comme chez les Fuégiens, qui ne vivent guère que des produits de la mer. Ils ont d'ailleurs cela de commun avec tous les sauvages exclusivement pêcheurs, l'inépuisable fécondité de l'Océan excluant d'abord toute idée de limiter le droit d'usage, parmi des populations peu denses, où une concurrence peu active ne met pas en péril les moyens de subsistance. Dans ces conditions le sauvage travaille le moins possible, et consomme de suite le produit de son travail, sans se préoccuper du lendemain.

On constate la même insouciance chez les nègres agriculteurs de l'Afrique équatoriale, qui travaillent le sol chacun à sa guise et où il lui plaît. Cela tient aux habitudes nomades des tribus et à la grande étendue des terres fertiles, par rapport à la population.

Mais dans les contrées où la population est plus nombreuse et plus stable, on voit naître la préoccupation de

réglementer, sinon l'appropriation, du moins l'usage du sol. Chez les Tasmaniens, chaque tribu avait des territoires de chasse bien délimités. Il en était de même parmi les peuples chasseurs de l'Amérique, sur les bords de l'Orénoque, en Colombie, chez les Peaux-Rouges. Pour des chasseurs la propriété du sol importe peu. Leur seul intérêt est de s'en réserver la jouissance comme territoire de chasse. Les Esquimaux mettent tout en commun, non seulement les districts de chasse et de pêche, mais les produits de la chasse, la plupart des objets mobiliers et la hutte même, sous laquelle s'abritent plusieurs familles vivant en communauté.

On voit s'établir la propriété foncière chez les races agricoles et pastorales, qui vivent plus étroitement unies au sol par la nature de leur travail. C'est un état plus favorable au progrès que la jouissance vague d'un territoire de chasse. « Le pain quotidien est d'autant mieux assuré à tous, dit M. Le Play, et la paix sociale a des garanties d'autant plus solides, que les familles sont en contact plus intime avec le sol nourricier (1). »

En Polynésie, où la propriété existe, comme nous le verrons, sous différentes formes, on trouve des exemples d'association communale. Ainsi, dans quelques districts de la Nouvelle-Zélande, tout est en commun par tribus, les filets, les étoffes, les terres. A l'île de Pâques on voit, comme chez les Américains des Pueblos, des centaines de personnes vivre ensemble dans de vastes maisons.

En Malaisie, le régime de la propriété communale est très généralement appliqué. Aux îles Carolines, la communauté possède des pirogues, des métiers à tisser, des instruments aratoires. Aux îles Pelew, le roi est propriétaire du sol, mais il en concède l'usufruit aux particuliers. C'est une transition entre le régime communal et le régime personnel. A Java le sol appartient à la communauté ;

(1) Le Play, *Constitution essentielle*, p. 90.

mais il est distribué par allotement entre les habitants. On y voit même naître la propriété individuelle, au profit de celui qui a défriché une partie de forêt et l'a mise en valeur.

Au Nouveau-Mexique, les habitants des Pueblos forment de vastes communautés agricoles, vivant dans de curieux édifices, sortes de ruches humaines, formés de chambres juxtaposées, dont la disposition et l'usage paraissent remonter jusqu'aux temps préhistoriques.

Dans l'ancien Mexique la propriété individuelle n'existait pas. Les terres appartenaient aux différents clans ou Calpulli. Elles étaient cultivées en commun.

Au Pérou, le territoire était partagé entre les prêtres, l'Inca et le peuple. Les terres du peuple se répartissaient, tous les trois ans, par allotement, entre les citoyens. L'excédent du produit des récoltes était mis en commun, pour les besoins des infirmes et des malades.

En Afrique, chez les Cafres, la propriété du sol cultivable appartient à la tribu ; mais il n'est pas exploité en commun. Les terres sont distribuées tous les ans entre les membres de la communauté, par voie d'allotement. Chez les Yoloffs de la côte de Guinée, les chefs de village, assistés des anciens, répartissent les terres suivant les besoins de chaque famille.

L'ancien village hindou formait une communauté agricole dont les membres se partageaient les produits à la fin de chaque année. La communauté la plus complète existe encore chez les Teehurs de l'Oude. Chez les Afghans, on trouve également institué le régime de la communauté ; mais les terres, au lieu d'être exploitées en commun, sont distribuées tous les cinq ou dix ans entre les membres de chaque tribu. Chez les Mongols pasteurs et nomades, les troupeaux sont en commun, ou tout au moins les individus attachés à un groupe de tentes ont une part dans les produits.

En Chine, d'après les vieilles chroniques, le régime de

la communauté fut d'abord en vigueur. On sait que, vers 2205 avant J.-C., les habitants des communes se partageaient le sol pour le cultiver. Un lot spécial était assigné à leur chef. L'État se réservait un lot sur neuf. Ce régime existait encore deux ou trois siècles avant notre ère. Aujourd'hui l'empereur est, en principe, propriétaire du sol ; mais, en fait, la propriété individuelle est parfaitement constituée.

Les auteurs anciens nous apprennent que le régime de la communauté régnait chez un grand nombre de peuples de l'antiquité classique. Diodore parle des communautés agricoles de l'île de Panchaia, peuplée par des Sémites. Il cite dans le même cas les Vaccéens, chez qui se pratiquait l'allotement annuel, par tribus. Suivant Strabon, chez les Dalmates, la distribution des terres avait lieu tous les huit ans. Les Gètes, d'après Horace, les Germains, d'après César, avaient adopté l'allotement annuel. En Gaule, il y avait de vastes domaines exploités en commun. Le clan germain possédait, sous le nom de Mark ou Allmend, un territoire commun comprenant des terres arables, des bois et des pâturages, où les membres de la communauté avaient droit d'usage. A Sparte, il y avait de vastes domaines dont le produit était affecté aux repas publics. Chez les Latins, ce fut sous la forme de communautés de villages que la propriété foncière commença. Les Allmenden existent encore en Suisse, notamment dans les cantons de Schwitz, de Saint-Gall, de Glaris. L'usufruit appartient à un certain nombre de familles dont les droits sont réglés par la coutume sous la surveillance d'un conseil élu. On trouve un régime analogue aux îles d'Huedic et de Houat ; en Lombardie ; en France, dans le Nivernais. En Irlande, les communautés de village avec allotement annuel ont subsisté jusqu'à Jacques Ier. Elles sont fort répandues dans les pays slaves. Tel est par exemple le mir russe. Le mir représente la commune, qui est propriétaire du sol. La distribution de la terre arable se fait à des intervalles

variant de trois à quinze ans. La prairie est soumise à un allotement annuel. Chaque famille possède en propre sa maison et son jardin.

Le régime communal est peu favorable au progrès agricole. On hésite à faire les frais d'améliorations coûteuses, dont on ne profitera pas ou qui se partageront avec d'autres. Le régime familial a l'avantage de restreindre les bénéfices de l'association à un petit nombre de personnes, qui transmettront intégralement la propriété patrimoniale à leurs successeurs, comme elles l'ont reçue de leurs devanciers. Il assure mieux la continuité, et permet de réaliser les améliorations utiles.

Cette forme de la propriété existe, en Asie, chez les Naïrs et les Cingalais. Dans le Penjaub, le village est une véritable communauté de famille. Chez les Hébreux, la propriété avait conservé son caractère familial, en souvenir de l'époque patriarcale. Tous les cinquante ans, un jubilé venait rétablir l'état primitif des fortunes par l'annulation des ventes et la libération des esclaves. On observe encore la communauté familiale dans l'Abyssinie chrétienne et chez les Arabes d'Algérie. Elle exista à Rome au moins jusqu'à la loi des XII Tables, c'est-à-dire, jusqu'à l'institution du droit de vente et du droit de tester. D'après Jules César, ce régime était en vigueur chez les Aquitains. On le retrouve encore maintenant chez leurs descendants, les Basques français, fidèles à leur vieille coutume, malgré le code civil.

J'ai déjà mentionné, à propos de Java, un fait indiquant une transition entre le régime communal et celui de la propriété individuelle. On pourrait en citer d'autres. Ainsi, chez les Indiens de l'Amérique du Nord, les territoires de chasse sont en commun. Mais celui qui défriche une parcelle en a l'usufruit viager. Sur les bords de l'Orénoque, toute terre défrichée appartient à celui qui la cultive. Les territoires de chasse seuls restent en commun.

M. Le Play s'est appliqué à montrer le vice radical

de ces institutions basées sur la communauté. « Les membres éminents, dit-il, supportent plus que les autres les fatigues du travail et les privations de l'épargne ; tandis que, dans le partage de la richesse accumulée, ils ne sont pas mieux traités que les moins sobres et les plus indolents. Les personnes les plus recommandables de ces communautés sont donc naturellement portées à se soustraire aux charges que la tradition leur impose et à se faire concéder, dans la propriété et le travail, les bienfaits du régime individuel. »

Ce n'est pas seulement chez les races supérieures et en progrès, que cette individualisation de la propriété s'est accomplie. On la trouve complètement réalisée dans quelques tribus Australiennes. A la Nouvelle-Calédonie, à Viti, elle existe parmi les chefs. A Tahiti, non seulement la propriété est personnelle, mais le propriétaire jouit du droit absolu de tester. De même à Tongatabou et aux îles Hawaï, où le régime féodal avait favorisé cette évolution de la propriété par le partage du sol conquis entre des vassaux et des tenanciers.

Dans l'Afrique noire les chefs s'adjugent le sol. Mais c'est une propriété vague, par suite des habitudes nomades et des déplacements fréquents. Les femmes, les esclaves, les troupeaux constituent la véritable propriété. On ne la trouve bien constituée et reposant sur la possession du sol que dans les états du Nord, en Abyssinie, en Égypte, en Kabylie, en Algérie, dans les oasis.

En Chine, la propriété personnelle avait succédé assez tard, comme nous l'avons vu, à la propriété communale, par suite d'empiètements multipliés, dont chacun se rendit plus ou moins coupable, comme il arrive lorsque des mœurs nouvelles ont réussi à entamer la vieille coutume. Au Japon, la propriété individuelle s'est établie féodalement, par droit de conquête. Le mode de succession est réglé par le droit d'aînesse.

Nous avons dit qu'en Germanie chaque famille avait

droit à la propriété de sa maison et de l'enclos constituant l'allod. L'allod était inaliénable et se transmettait de père en fils, par droit de primogéniture. Le droit de tester fut introduit plus tard en Germanie avec la législation romaine.

A Athènes, les lois de Solon reconnaissaient la propriété individuelle, et laissaient le droit de tester aux citoyens qui n'avaient pas d'héritier mâle. Mais la propriété avait à subir de nombreuses restrictions : défense d'aliéner, impôt progressif, charges publiques spéciales aux riches, droits de mutation très onéreux, etc.

Il en était à peu près de même à Sparte, où le droit de tester ne fut introduit qu'après la guerre du Péloponèse.

Dans toute l'Europe occidentale, la législation romaine introduisit, partout où elle pénétra, le droit de tester et d'aliéner. Puis la conquête barbare fit naître le régime des bénéfices, concessions viagères et temporaires consenties par les chefs au profit de leurs fidèles. Enfin la féodalité, succédant au régime des bénéfices, eut pour résultat de substituer, relativement aux fiefs, le principe d'hérédité à la jouissance viagère. De même, les concessions emphytéotiques faites par les seigneurs à leurs tenanciers furent l'origine de la propriété roturière. A côté des fiefs et des biens emphytéotiques, subsistait l'antique propriété allodiale, telle qu'elle s'était constituée dans les temps barbares, antérieurs à la féodalité.

Je ne multiplierai pas davantage les exemples. Voyons maintenant quelles conclusions générales on en peut tirer. Il est incontestable d'abord que le régime de la propriété est indépendant de la race ; car nous avons vu l'un ou l'autre de ses trois types se réaliser parmi les races les plus diverses. Les formes qu'il reçoit ne résultent pas non plus, d'une manière absolue, du degré de civilisation. On ne peut donc pas dire qu'il se soit perfectionné par voie d'évolution. On trouve la propriété individuelle chez les Australiens, tandis que leurs voisins les Tasmaniens avaient institué le régime communal. Le droit de tester

existait à Tahiti, à un état de civilisation bien inférieur à celui où étaient parvenues les sociétés de l'Europe, quand celles-ci l'établirent chez elles. L'organisation de la propriété dépend sans aucun doute de la nature du sol, du genre de vie des habitants. La chasse des grands animaux, l'état patriarcal et agricole, qui exigent l'association des bras et des forces, engendrent naturellement le régime de la communauté. Cependant on voit se produire la propriété individuelle dans les pays de chasse où manque le gros gibier, et dans les pays agricoles où des défrichements onéreux créent des droits particuliers à ceux qui les ont accomplis. Toutes les grandes races civilisées d'Orient et d'Occident ont évolué dans le sens de la propriété individuelle et y sont arrivées. Il y a cependant des pays très avancés, comme l'ancien Pérou, où l'on était resté fidèle au régime de la propriété communale.

En résumé, le régime de la communauté correspond en tout lieu à un état social inférieur, tandis que la haute civilisation n'a reçu son complet épanouissement qu'avec la propriété individuelle. Ce serait donc faire un retour vers le passé ou vers un état inférieur, que de chercher à rétablir de nos jours, dans les grandes sociétés européennes, comme le voudraient quelques rêveurs, le communisme d'État. La législation restrictive des biens de mainmorte a précisément pour but, comme le fait remarquer M. Le Play (1), d'éviter les abus auxquels a donné lieu, dans le passé, la propriété collective. Mais la propriété personnelle ne décharge pas l'individu de ses devoirs envers la société. Toute la différence est qu'il doit les accomplir volontairement et non obligatoirement ; et la liberté plus grande dont il jouit ne doit pas nuire aux intérêts de la communauté. Ce régime exige évidemment plus de moralité et un sentiment plus élevé de la solidarité sociale. Suivant l'usage qu'on en fait, la propriété peut devenir une

(1) *Réf. sociale*, ch. 16, III.

cause de prospérité ou de souffrance. Dans les sociétés désorganisées, où les riches cessent de remplir leurs devoirs, il ne tarde pas à se produire des antagonismes violents qui atteignent leur degré le plus aigu lorsqu'une classe nombreuse se trouve privée de toute propriété et de tout moyen d'existence assuré. C'est la plaie hideuse du paupérisme et du prolétariat. Le remède à ce désordre n'est pas dans la spoliation du riche, mais dans la réforme des mœurs et dans un généreux effort pour procurer à tous les chefs de famille le bienfait de la propriété (1). Cette solution n'est point une utopie. Elle est pratiquement réalisée dans les grands établissements industriels des mines du Harz, de Blanzy, du Creusot, de la Vieille-Montagne ; à Mulhouse, par la Société des cités ouvrières ; en Angleterre, par les *building societies*, les *land societies*, etc.

Dans l'opinion de bien des peuples, et notamment des deux grandes nations modernes qui comprennent le mieux, dit M. Le Play, la liberté civile, les Anglais et les Américains, la liberté de possession entraîne la liberté de transmission. Mais le mode de transmission de la propriété a considérablement varié suivant les temps, les lieux, les classes sociales; et l'on peut affirmer qu'aucune réglementation n'a eu plus d'influence sur tous les autres éléments sociaux. Nous avons vu déjà son importance dans la constitution de la famille, dans l'organisation du travail. Elle a mieux qu'aucune autre institution le pouvoir de jeter le trouble ou d'amener la paix dans tous les rapports privés et publics. La propriété est féconde ou stérile suivant le mode de transmission qui lui est affecté, suivant qu'elle est soumise au régime de la conservation forcée, du partage forcé ou de la liberté testamentaire.

Avec le régime de la conservation forcée, le bien de famille passe intégralement à un héritier désigné par la coutume, sans que le chef de famille ait à faire le choix de

(1) *Réforme sociale*, ch. 16, IV.

son successeur. Tantôt le mode de succession est réglé par le droit d'aînesse, qui existe dans les pays basques, en Béarn, parmi les classes nobles de la Suède, du Danemark, de la plupart des États allemands, de l'Écosse et de l'Italie ; dans les classes rurales, paysans et propriétaires non nobles, du Hanovre, du Brunswick, du Mecklembourg, du Danemark ; dans l'Allemagne méridionale, la Suisse allemande, la Bavière, le canton de Zurich, au Japon, etc.; tantôt par le droit de juveigneur ou de jeunesse, en faveur des cadets comme cela se pratique chez les Tartares, chez quelques Hindous, au comté de Cornouailles, au pays de Galles, dans l'ancienne Armorique française, en Autriche ; ailleurs, par le droit exclusif de la ligne féminine qui est répandu dans presque toute l'Afrique noire, où la parenté s'établit par les femmes. C'est ce qu'on a appelé le matriarcat. Chez les Touaregs, par exemple, l'enfant est considéré comme étant exclusivemeut l'enfant de sa mère. Il hérite de sa situation sociale. Les biens de famille passent au fils aîné de la sœur aînée. Le père ne transmet que ce qui lui est absolument personnel. On trouve le même usage à Madagascar. C'est le ventre qui teint l'enfant, dit un proverbe malgache. Autrefois, dans quelques provinces françaises, la coutume disait de même : Le ventre anoblit. La succession masculine existe cependant chez les Hottentots et les Boschimans, et elle tend à s'établir, dit M. Letourneau, partout où les nègres africains ont organisé des groupes sociaux de quelque importance, au Dahomey, par exemple, et dans les pays musulmans ou chrétiens du nord de l'Afrique. Cependant les chefs nubiens transmettent encore le pouvoir à leur neveu. Le matriarcat existait aussi dans toute l'Amérique. Au Pérou, d'après Gomara, c'étaient les neveux et non les fils qui héritaient. Mais, au Mexique, la parenté paternelle était constituée. On trouve encore la filiation féminine établie aux îles Tonga, aux îles Hawaï, à Tahiti. En Australie, la parenté paternelle était reconnue, et l'on y voyait parfois le fils succéder à son

père. Pas de filiation masculine aux îles Marianne, ni à Sumatra. En Chine, elle est établie depuis longtemps. Au Japon, l'héritage passe au premier né, garçon ou fille. En général, on trouve la filiation masculine bien constituée chez les peuples mongoliques. Parmi les anciens peuples de l'Inde, les Naïrs, les Cingalais, les Kharias, les Kochs, il n'y a pas de parenté entre le père et le fils. Dans quelques tribus du Turkestan, où se pratique la polyandrie, les enfants sont considérés comme appartenant à l'aîné des frères. Chez les Cosaques zaporogues, l'hérédité s'établit par les femmes. Les Aryas védiques observaient le droit d'aînesse dans la ligne masculine. Les Lyciens, d'après Hérodote, établissaient leur filiation par leur mère. A Athènes, suivant Varron, les enfants portèrent d'abord le nom de leur mère. A Rome, la descendance masculine fut reconnue dès les temps les plus anciens.

On voit, par ce qui précède, qu'il a existé, comme nous le disions, chez toutes les races et à toutes les époques, la plus grande variété dans le mode de transmission de l'héritage. Nous constaterons une fois de plus que, sur ce point comme sur tant d'autres, les races les plus civilisées n'ont pas toujours eu le privilège exclusif des institutions réputées les meilleures. On trouve, par exemple, la parenté paternelle établie chez des races très peu avancées, comme les Hottentots, et la filiation maternelle en usage dans des sociétés relativement civilisées, telles que l'ancien Pérou.

Cela prouve que l'évolution, dans cet ordre de faits, s'est produite très inégalement parmi les différentes familles humaines. Mais on constate aussi que toutes les grandes races européennes ou asiatiques ont observé dès les temps les plus reculés la filiation paternelle. Rappelons enfin que le régime de la conservation forcée fut en vigueur à l'origine de toutes les grandes civilisations. Nous avons vu qu'à Athènes, à Sparte, à Rome, en Gaule, en Germanie, il a précédé celui de la liberté testamentaire. Il est utile au progrès initial, en favorisant les institutions de la famille

et leur stabilité ; mais il a l'inconvénient d'offrir une trop grande résistance au changement, à l'esprit d'innovation, et d'engendrer de graves abus quand la richesse ne se trouve plus alliée à la vertu (1). Les hommes ont donc cherché un remède aux dangers de la conservation forcée, et ont résolu le problème à l'aide de deux combinaisons bien différentes. L'une est la liberté testamentaire ; l'autre le partage forcé.

Le régime de la liberté testamentaire confère au propriétaire la libre disposition de ses biens. Elle rehausse la dignité du père de famille ; elle donne une sanction à son autorité, en lui permettant de choisir pour son héritier le plus digne et le plus méritant de ses enfants ; elle accroît sa sollicitude pour ses rejetons et lui permet de régler de son vivant les intérêts privés auxquels l'avenir de la famille est lié. Elle permet enfin de constituer la famille sur le modèle de la famille souche, qui assure, au plus haut point, comme nous l'avons expliqué dans un précédent chapitre, la fécondité des unions, les saines traditions domestiques, la bonne administration des biens patrimoniaux et la permanence des engagements entre le propriétaire et ses tenanciers (2).

Le régime du partage forcé a des effets absolument contraires. Il désarme le père en face des héritiers institués par la loi, non par sa volonté. Il diminue donc l'autorité paternelle et favorise l'esprit d'indépendance des jeunes générations ; il annule les bons effets de la tradition ; il condamne la famille à l'instabilité absolue et l'expose à des liquidations périodiques qui rendent impossible toute entreprise de longue durée. Il oblige ses membres à se disperser à chaque génération, laissant les vieux parents dans l'isolement ; il entrave la fécondité, ce qui est une cause d'affaiblissement pour les nations. Enfin, en émiettant les for-

(1) *Réforme sociale*, ch. 19.
(2) *Réforme sociale*, ch. 21.

tunes privées, il agrandit la puissance de l'État et favorise le despotisme. C'est donc un régime de contrainte, plus fertile encore que le premier en résultats désastreux pour les intérêts privés et publics. Aussi a-t-on cherché à en atténuer les effets par le moyen des légitimes et de la quotité disponible. M. Le Play estime qu'en pratique l'influence du testament tend à s'effacer quand le propriétaire ne peut, dans tous les cas, disposer au moins de la moitié de ses biens (1).

La liberté de tester existe en fait, dans la plupart des Etats de l'Allemagne et de l'Italie, où la quantité disponible se réduit jusqu'à cette dernière limite. Elle est absolue en Angleterre et aux États-Unis. Je rappellerai qu'on l'a signalée à Tahiti, et que les peuples de l'antiquité classique l'avaient instituée chez eux. L'exemple de quelques grandes nations contemporaines prouve à quel point elle contribue à l'élévation des peuples chez qui règne en même temps le respect de la loi morale.

En revanche on peut constater, par l'exemple de la France, les tristes effets du partage forcé, qui existe aussi en Espagne, en Portugal, en Irlande, dans plusieurs cantons suisses, en Turquie, dans les États barbaresques, en Hollande, en Belgique, dans les provinces rhénanes, et en Russie parmi la noblesse. Il n'y a pas de régime qui aboutisse plus sûrement et plus méthodiquement à l'émiettement des forces vives d'une nation, par la destruction des fortunes privées.

On a pensé trouver une atténuation des funestes effets du partage forcé dans le principe d'association, justifié, dans l'esprit de ses partisans, par le succès des grandes sociétés par actions, financières ou industrielles. Mais M. Le Play a démontré que le régime de l'association n'est vraiment utile que dans le cas où l'initiative individuelle est impuissante à réaliser les grands efforts que

(1) *Réforme sociale*, ch. 20.

nécessitent parfois les progrès de l'industrie ; que ce cas se produit rarement dans les pays où existe le régime de la famille souche et de la liberté testamentaire, comme en Angleterre. Il l'admet, à titre de simple palliatif, dans les pays désorganisés par le régime du partage forcé. Il constate, à l'appui de cette manière de voir, l'insuccès de plusieurs expériences réalisées en France, telles, par exemple, que les tentatives faites depuis 1848 pour instituer ou restaurer les communautés d'ouvriers. Il cite aussi les essais de phalanstères et les colonies agricoles de l'Amérique du Nord. Les seules communautés de ce genre qui aient pu se maintenir sont celles, dit M. Le Play, qui ont su subordonner l'intérêt des associés à de hautes influences morales. Telles sont, par exemple, les communautés de fermiers du haut Nivernais ou les associations fondées sur le principe de la règle et de la vie religieuses.

En résumé, M. Le Play pense que « les sociétés se perfectionnent par l'emploi simultané de deux modes d'action. Elles abordent par l'association des entreprises qui jusqu'alors étaient restées inaccessibles à l'humanité ; elles accomplissent par l'initiative d'une seule famille celles qui ne pouvaient antérieurement prospérer que par une réunion plus nombreuse d'efforts individuels. Ceux qui vantent aujourd'hui l'association comme le principe de toute activité propagent une dangereuse erreur. Ils entravent le mouvement naturel des sociétés, en les ramenant sans raison vers le passé. » Le fait est qu'en Angleterre, sous l'influence des bonnes mœurs, les sociétés par actions sont progressivement détruites par la concurrence des familles et des entreprises individuelles. La raison de cela est purement morale. L'initiative individuelle développe l'esprit d'activité, d'ordre, d'épargne, d'honorabilité, de moralité. Les sociétés par actions, en confiant leurs intérêts à des gérants ou à des commis, propagent trop souvent des habitudes d'indolence et d'improbité. Elles doivent

donc, conclut l'éminent observateur, rester à l'état d'exception dans le champ du travail.

Aussi condamne-t-il par-dessus tout la prétention de quelques auteurs, de faire exploiter la terre des pays morcelés par des sociétés en actions et d'habiles ingénieurs. « Si la communauté, appliquée aux industries manufacturières qui s'y prêtent le mieux, échoue presque toujours, que peut-on en attendre pour l'agriculture, qui a été de tout temps et chez toutes les races, l'aliment par excellence du travail individuel... Je n'hésite pas à affirmer que l'extension de ce régime aux petites propriétés des paysans ferait perdre aux populations rurales tout sentiment de libre arbitre, et frapperait les nations d'un abaissement sans exemple (1). »

Le principe d'association en matière agricole serait cependant rationnel, me semble-t-il, dans le cas où l'on aurait à mettre en valeur de grandes régions incultes ou peu productives, nécessitant tous les perfectionnements d'une science avancée, et rebelles aux efforts de la culture individuelle. C'est un cas qui se présente, par exemple, dans les entreprises de colonisation.

Mais, ce cas excepté, je souscris entièrement aux conclusions générales exprimées plus haut, dont la justification morale est très simple.

En effet, ce n'est ni comme race, ni comme peuple, ni comme famille, que l'homme est tenu de rendre compte de ses actes. C'est personnellement et individuellement. Il est donc naturel que toutes les manifestations de son activité doivent prendre, le plus possible, un caractère personnel. Mais, en supposant même que cette conception morale vienne à s'obscurcir, il est bien remarquable de constater que l'observation et l'expérience des peuples prospères la remettraient en lumière, en tenant compte des seuls intérêts matériels. C'est qu'en effet l'ordre matériel et

(1) *Réforme sociale*, Livre V ; ch. 41-45.

l'ordre moral ne font qu'un, dans l'immuable unité de l'intelligence divine qui les a conçus.

XIV.

Je me propose, dans ce dernier chapitre, de dire quelques mots de l'origine et de la formation des sociétés politiques, ainsi que de l'organisation du pouvoir et du gouvernement.

Parmi les peuplades sauvages les plus primitives, la vie sociale est réduite à une extrême simplicité. Les Tasmaniens, les Australiens, les Boschimans, les Fuégiens, les Botocudos du Brésil, les indigènes de la Californie, les Esquimaux vivent à l'état de petites agglomérations familiales, sans chefs permanents, sans hiérarchie, sans classes définies, sans autre principe d'autorité que la force physique ou le prestige des barbes grises ; sans autre règle que la coutume et la tradition des ancêtres. Tous les rapports sociaux reposent, chez les sauvages, sur le respect de la coutume. Quant au gouvernement, ils se contentent du nécessaire, en rapport avec leur genre de vie, ce qui se réduit souvent à bien peu de chose. Ainsi au Groënland, en hiver, quand plusieurs familles vivent sous la même hutte, un vieux pêcheur reçoit une place au nord de la cabane, et a pour mission de faire réparer les murs de neige, ou de veiller à ce que plusieurs personnes sortent ensemble de façon à épargner la chaleur entretenue à l'intérieur.

Quelques races belliqueuses comme les Araucaniens, les Charruas, les Patagons et en général toutes les peuplades pampéennes, ont fait un pas de plus. Elles se donnent des chefs en temps de guerre. Ces chefs sont choisis parmi les plus braves et les plus forts. Chez les indigènes du Chili, on accorde la préférence à celui qui peut lever le plus gros

arbre sur son épaule et le porter le plus loin. Il est vraiment étonnant, dit Tylor, de voir quel changement se produit au milieu de ces rudes populations, lorsque la guerre éclate, et comment des peuplades, incohérentes en temps de paix, peuvent se transformer tout à coup en troupes disciplinées, sous la conduite de chefs investis, pour la circonstance, d'un droit absolu de vie et de mort.

Chez les Hottentots les chefs désignés pour la guerre conservent leur autorité en temps de paix, mais elle devient alors purement nominale. Chez les Guarajos, on voit apparaître le principe d'hérédité, et les chefs transmettent le pouvoir à leurs fils.

Les peuples vivant à l'état patriarcal ne connaissent guères d'autre autorité que celle des chefs de famille, qui est par sa nature même permanente et héréditaire. Son caractère est à la fois domestique, religieux et politique. Tels furent les premiers chefs des Aryas védiques, des Latins primitifs et des Hébreux de l'époque patriarcale. Ainsi vivent encore les pasteurs de la steppe asiatique, une partie des Mongols nomades et les Arabes du désert. Les communautés de village aux Indes et en Russie ont aussi conservé une partie des traits propres au régime patriarcal.

L'association de plusieurs groupes familiaux venant à se produire, on voit se constituer le clan ou la tribu, sous le gouvernement d'un chef investi d'un pouvoir plus ou moins absolu, ou d'un conseil des anciens, quelquefois de tous les deux. Chez les Mélanésiens, à Viti, dans toute la Polynésie, dans l'archipel Malais, les naturels forment des tribus nombreuses ayant chacune leur chef, dont le pouvoir est illimité. A l'île de Pâques, aux îles des Navigateurs, à Noukahiva, l'autorité des chefs est ordinairement transmissible à leurs enfants. Le principe d'hérédité s'y manifeste en outre par l'institution de castes nobles et roturières.

L'Afrique noire, y compris les États musulmans, est le pays par excellence du despotisme le plus absolu et de la

servitude. Au Dahomey, toute la nation est esclave et courbée sous l'autorité d'un roi, qu'on n'approche qu'en tremblant, à quatre pattes, avec un respect religieux. Chez les Mandingues, le despotisme des chefs est mitigé par un conseil des anciens qui décide les affaires importantes. De même au Gabon, chaque tribu est divisée en clans, subdivisés en villages plus ou moins nomades, avec un chef indépendant et un conseil des anciens. Chez les Bambaras, les rois reçoivent bien une sorte d'investiture, mais cela ne diminue en rien leur despotisme. Il y a trois castes aristocratiques, formées des forgerons, des ouvriers en cuir et des griots ou musiciens. Dans l'Ashantee, les principaux chefs ont un conseil d'État, auquel ils accordent voix consultative. Presque partout, dans l'Afrique noire, il y a des assemblées délibérantes appelées Palavers. La classe servile est composée de prisonniers de guerre, de débiteurs insolvables, de criminels ou d'enfants achetés à leur famille. Ils forment une caste héréditaire. A Madagascar, il y a une hiérarchie dans la servitude, suivant les races : les esclaves hovas ont le premier rang ; puis viennent les esclaves malgaches, et enfin les noirs.

Les anciens Germains et les Gaulois s'étaient groupés par tribus. Chaque tribu avait son chef élu, mais les affaires importantes se traitaient en assemblée générale. Au-dessous des chefs, il y avait une hiérarchie, dont les prêtres, les hommes libres et les esclaves formaient les différents degrés. En Gaule, le pouvoir appartint d'abord à la classe sacerdotale des Druides ; puis il passa aux mains de la classe militaire, qui formait une véritable aristocratie, composée des familles les plus considérables de chaque tribu.

Chez les Italiotes, chez les Grecs, la vie sociale commença aussi par la tribu ; puis la réunion de plusieurs tribus donna naissance à une nouvelle forme d'unité politique, la Cité, qui est la domination d'une agglomération urbaine sur un territoire rural plus ou moins étendu. En Gaule, en Grèce,

les tribus et les cités se confédéraient entre elles pour la défense de leurs intérêts communs.

On observe dans les sociétés en voie de formation un autre système d'association politique, qui est la féodalité. L'organisation féodale a varié beaucoup dans ses détails, mais elle consiste en principe dans une hiérarchie de chefs héréditaires, unis entre eux par des devoirs réciproques de fidélité et d'assistance en cas de guerre, et conservant d'ailleurs la plus grande indépendance en temps de paix sur leurs domaines particuliers. La coutume règle leurs droits et leurs devoirs envers les populations.

Il existe à la Nouvelle-Calédonie quelque chose d'analogue à ce régime : au sommet, un chef suzerain; au-dessous de lui, une classe aristocratique de vassaux et d'arrière-vassaux se transmettent héréditairement et par ordre de primogéniture les fiefs dont ils sont investis ; puis une classe d'hommes libres, payant des redevances.

Toute la Polynésie est soumise au régime féodal. Le rang suprême est occupé par de petits souverains héréditaires, jouissant d'une autorité absolue. Ils commandent à une aristocratie hiérarchisée, pourvue de titres et de dignités héréditaires. Il n'y a pas d'esclaves à proprement parler en Polynésie ; mais une classe de roturiers exerçant de père en fils les professions serviles. Mentionnons en passant l'institution du *tabou*, en vertu de laquelle les prêtres, d'accord avec les chefs, ont droit d'appropriation sur tout ce qu'ils ont déclaré tabou. On se figure sans peine les abus qu'une pareille coutume peut favoriser.

Chez les Cafres, chaque père de famille relève d'un suzerain qu'il a librement choisi. Ce dernier obéit au chef de la tribu. Cela rappelle le vasselage et le sénioriat des temps carlovingiens, dont le principe se retrouve dans toute constitution féodale.

Les Afghans forment des clans guerriers, commandés par des chefs féodaux, relevant nominalement de l'émir de Caboul.

Les Mongols pasteurs, dépendant de la Chine, sont organisés militairement avec une hiérarchie composée d'abord des princes descendant de Gengis-Khan, puis des nobles, du clergé et des serfs. Cela constitue une sorte de féodalité nomade sous la suzeraineté de la Chine, qui n'intervient pas dans leurs affaires intérieures.

La plupart des nations européennes du moyen âge ont passé par l'état féodal. Lorsque l'empire romain se fut effondré, les petites royautés qui avaient tenté de se faire une place au milieu de ses ruines furent impuissantes à faire accepter leur autorité. Les populations se groupèrent autour de chefs signalés par leur bravoure ou par leur richesse territoriale ; chacun chercha un protecteur au-dessus de soi, et offrit son patronage à ceux qui étaient au-dessous. En l'absence d'un pouvoir central suffisamment fort, les intérêts particuliers s'organisèrent spontanément et librement. Le patronage s'établit du haut en bas de la hiérarchie sociale. Ce fut une époque de liberté illimitée. Chaque patron était maître absolu dans ses domaines. Mais l'arbitraire était tempéré par la coutume, les mœurs et la religion. La notion de l'État avait disparu. La distinction entre la chose publique et la chose privée n'existait plus. Tous les intérêts s'agitaient autour du domaine privé.

Il est bien rare que les peuples parvenus au type fédératif ou féodal s'y arrêtent. Tôt ou tard un des chefs de la fédération ou bien un des suzerains féodaux, acquiert par son habileté, par sa sagesse, ou par sa richesse, une prépondérance qui, lorsqu'elle s'appuie en même temps sur la puissance militaire, tend à devenir très envahissante. Son autorité se substitue peu à peu à celle des chefs subalternes. L'hérédité la fixe entre les mains de ses descendants. Une solidarité étroite s'établit entre la nation et la famille gouvernante. Elles ont grandi ensemble en s'appuyant l'une sur l'autre. Leurs destinées finissent par se confondre, et l'histoire politique du pays devient l'histoire d'une dynastie.

Voilà les traits communs à la plupart des peuples pendant leur période de formation. Mais en avançant ensuite dans leur développement historique, ils réalisent les types les plus divers.

Nous allons en examiner quelques-uns.

Au Japon, la constitution féodale a prévalu jusqu'à notre temps. Le pouvoir suprême est partagé entre le Micado et le Taïcoun. Au-dessous d'eux, viennent les princes et les nobles de premier rang, ou daïmios ; puis les nobles de second rang, qui tous doivent à leur suzerain le service militaire et se transmettent des fiefs héréditaires; le troisième rang, dans la hiérarchie japonaise, appartient aux prêtres bouddhistes et sintoïstes. On trouve ensuite les nobles de rang inférieur, appelés aussi les nobles à deux sabres, et puis la bourgeoisie (les hommes à un sabre) composée des officiers subalternes, des médecins, etc.; puis les gros négociants ; les marchands en détail et les artisans ; les paysans et les journaliers, serfs pour la plupart ; et enfin les parias, formés des tanneurs et des corroyeurs. Ainsi les ouvriers en cuir, qui constituent en Afrique une classe privilégiée, occupent au Japon les derniers rangs sociaux. Dans cette organisation compliquée, les droits et les devoirs de chacun sont bien définis. La justice est régulièrement administrée, l'instruction assez développée. Ce régime a contribué à former une race active, intelligente et morale, qui est malheureusement entraînée aujourd'hui dans des innovations périlleuses, depuis que les marchands, les légistes et les mauvaises doctrines philosophiques et sociales de l'Occident ont envahi le Japon.

En Chine, le tableau change complètement. Pas d'autre autorité héréditaire que le pouvoir souverain, ni d'autres titres héréditaires que ceux des membres de la famille impériale et des descendants de Confucius. Au-dessous de l'empereur, les emplois de tout ordre sont remplis par une hiérarchie de lettrés, qui acquièrent leur rang social à

l'examen. Le travail est absolument libre et la décentralisation administrative très étendue. Il n'y a de privilège pour personne. Tout s'accorde au mérite personnel. La Chine est le seul pays au monde, où le métier des armes et la gloire militaire aient été frappés d'une sorte de discrédit. Cette vaste organisation politique, retenant sous ses lois, depuis plus de 4000 ans, une nation de 300 millions d'habitants, est bien faite pour étonner. C'est un exemple unique dans l'histoire.

C'est moins dans son organisation politique que dans ses mœurs qu'il faut chercher la cause de la longévité de la race chinoise. Elle doit sa force à son attachement à la coutume des ancêtres et à la solide organisation qu'elle a su donner à la famille. Le respect filial élevé à la hauteur d'une institution, dit l'amiral Jurien de la Gravière, est devenu le lien social de cette immense monarchie. En Chine tout procède encore du type patriarcal. Cette permanence des institutions tient certainement aussi à la position géographique de la Chine, à son isolement à l'extrémité du continent asiatique. Elle a grandi à l'abri de toute influence étrangère.

Mais le contact des occidentaux tend à modifier ce qui faisait le caractère si original du peuple chinois, tant qu'il a vécu loin de la concurrence des autres nations. Aujourd'hui les Chinois n'ont plus le même dédain pour le métier des armes. Ils savent qu'un peuple doit être fort pour être respecté. Leurs troupes sont disciplinées à l'européenne. Leur armement a été perfectionné et mis à la hauteur des besoins nouveaux. Ils ont des vaisseaux cuirassés, des chemins de fer et des télégraphes électriques. Le progrès matériel les pénètre de toute part. Si avec cela ils conservent leurs vieilles mœurs, si leur porte reste fermée aux erreurs des peuples désorganisés de l'Occident, il n'y a pas de raison pour que la Chine ne devienne pas une des premières nations du monde.

Le gouvernement du Thibet mérite d'être signalé

comme un type assez exceptionnel. C'est le régime théocratique, constitué par une hiérarchie sacerdotale, ayant à sa tête le grand Lama. La défense du pays est confiée à des chefs militaires laïques, commandant à une caste guerrière, les Zinkabs ; mais ils sont subordonnés aux lamas, qui administrent et rendent la justice.

Chez les anciens Péruviens, le roi était réputé le fils du Dieu suprême et passait à sa mort au rang des dieux. Au-dessous de lui , deux castes privilégiées se partageaient les attributions du pouvoir : les Incas, qui étaient les princes de la famille royale ; les Curacas ou caciques, descendant des anciens chefs des nations soumises. Seuls les Incas et les Caciques remplissaient les hauts emplois. Le peuple était parqué héréditairement dans des professions diverses. La constitution politique différait essentiellement du régime féodal, en ce que la toute-puissance de l'État dominait toute la vie publique et envahissait complètement la vie privée. L'État était tout et pourvoyait à tout. Il mariait les citoyens, les dotait, les habillait, les nourrissait. On a dit avec raison que, dans l'empire des Incas, la misère et la liberté étaient également inconnues (1). C'était la réalisation anticipée des utopies les plus avancées des sectes socialistes de nôtre temps.

On trouvait quelque chose d'analogue au Mexique : Un monarque héréditaire, une classe aristocratique également héréditaire formée des gouverneurs des provinces, puis des corporations de métiers, des serfs et enfin des esclaves, qui seuls pouvaient être sacrifiés aux dieux. Le socialisme d'État y régnait comme au Pérou. Les symptômes de désorganisation que présentaient ces sociétés de l'Amérique centrale, lors de la conquête, plaident peu en faveur du régime que les Européens y trouvèrent établi. Ce n'est pas une expérience à recommencer.

Dans l'ancienne Rome, à Athènes, l'unité s'était faite,

(1) Letourneau, *La Sociologie*, p. 458.

comme ailleurs, par la monarchie. Mais les familles patriciennes entrèrent en lutte avec les rois, et finirent par les expulser. Les vainqueurs se partagèrent le pouvoir et fondèrent ces grandes républiques aristocratiques qui ont rempli l'antiquité classique de l'éclat de leur gloire. Une grande cité sémitique, Carthage, s'était donnée une constitution analogue, bien qu'il n'y eût pas à proprement parler d'aristocratie héréditaire à Carthage, mais d'illustres familles y exerçaient une influence traditionnelle, et formaient une classe dirigeante qui fournissait à la république ses premiers magistrats.

Les pasteurs de la grande steppe asiatique ont conservé jusqu'à nos jours le régime patriarcal. Les familles vivent à peu près indépendantes, à peine unies entre elles par les liens de la tribu. L'activité sociale y est réduite aux travaux privés relatifs aux soins des troupeaux et aux migrations périodiques. Les chefs de famille ont le gouvernement de leurs enfants et de leurs serviteurs. Le culte religieux est pratiqué par un ou plusieurs membres de la communauté, investis d'un privilège spécial. Tous les hommes adultes, habiles au maniement des armes et à l'exercice du cheval, sont parfaitement aptes à pourvoir à leur propre sécurité. Cependant, pour mieux assurer la paix publique, plusieurs familles peuvent se concerter au besoin. « Chaque pâturage parcouru par un groupe de familles issues d'un commun ancêtre est gouverné par la réunion de leurs chefs. Chaque tribu, composée de tous les groupes sortis d'une souche primitive, est représentée, dans les conseils qui décident des intérêts communs, par les hommes d'élite des divers pâturages. La nation enfin, formée par l'ensemble des tribus, est soumise à un souverain dont la résidence est éloignée, et dont le caractère est tantôt religieux, tantôt politique.» Les souverains religieux sont, au nord, le Guison-Tomba, et au sud le Talé-Lama. Les souverains politiques sont l'empereur de Russie et l'empereur de Chine. Une de ces nations est soumise à la

fois à la Russie et à la Chine ; en sorte que les deux souverainetés se contrôlent mutuellement, quand elles ont à remplir leurs devoirs de protection, ce qui est rare (1).

Pour compléter ce tableau, il faudrait passer en revue les grands États de l'Europe moderne, y observer les modifications du régime monarchique, et montrer comment il passe de la monarchie absolue, telle qu'elle existe par exemple en Russie et dans l'Empire ottoman, à la monarchie tempérée ou représentative des Anglais, des Belges, des États allemands et scandinaves, des Pays-Bas, de la Grèce, de l'Italie, de l'Espagne, du Portugal. Puis enfin, comprendre dans cette énumération les sociétés démocratiques du vieux et du nouveau monde, vivant sous le régime républicain; centralisées comme la France, fédérées comme les États-Unis d'Amérique et la Suisse, réduites à quelques paroisses comme la république d'Andorre, ou à une ville unique comme Saint-Marin. Le lecteur me dispensera de multiplier les exemples, et voudra bien suppléer lui-même à ces lacunes volontaires.

Après avoir rappelé comment les grandes nationalités se forment, il nous reste à examiner comment elles se désorganisent. Les causes mêmes qui ont concouru à leur prospérité portent en elles les germes de leur décadence. Il arrive, non pas fatalement, mais souvent, que la puissance et la richesse engendrent la corruption parmi les classes dirigeantes. On voit alors se reproduire, toujours dans le même ordre, les symptômes de la décadence. Les rapports sociaux sont faussés, la souffrance éclate, les antagonismes naissent, et le peuple, mal traité, mal gouverné, fait entendre ses revendications. Puis un jour vient où l'édifice vermoulu du vieux gouvernement aristocratique s'écroule, laissant le champ libre à la démocratie.

La démocratie n'est point un gouvernement régulier,

(1) Le Play, *Réforme sociale*, 52, II ; 65, X ; — *Organisation du travail*, § 64 ; — *La Méthode sociale*, p. 139.

c'est la fin des gouvernements corrompus. L'histoire est là pour nous dire ce que la démocratie a fait des républiques de Rome et d'Athènes. Elle a livré Rome aux Césars et Athènes aux Macédoniens. Plus près de nous, la démocratie florentine a déchaîné en permanence pendant des siècles, sur cette noble cité, le régime de la terreur. En parlant de l'apogée de la république athénienne, on dit le siècle de Périclès ; on devrait dire le siècle qui finit avec Périclès. Ce patricien de grande race gouverna en prodigue, sacrifia à son ambition les institutions qui avaient fait la grandeur de son pays, fit jeter un magnifique et dernier éclat au génie aristocratique d'Athènes, et laissa pour tout héritage cette démocratie turbulente qui fit empoisonner Socrate.

La démocratie ne peut rien édifier, parce qu'elle est une réaction purement négative contre tout ce qui était avant elle ; c'est-à-dire contre la tradition, contre la science, contre l'hérédité, contre la famille, contre la discipline et la hiérarchie sociales, contre la richesse et contre l'autorité. La démocratie est d'ailleurs parfaitement logique dans son ignorance des vrais principes de gouvernement. Les institutions du passé ont engendré la corruption et la souffrance ; elle les condamne en bloc, sans se demander si, dans le vieil édifice abattu et ruiné par les passions humaines, il n'y avait pas de solides matériaux, bons à employer pour sa reconstruction.

On cite volontiers à l'actif de la démocratie la grande république des États-Unis d'Amérique. Mais l'expérience qui se fait sous nos yeux, de l'autre côté de l'Océan, est loin d'être concluante. D'abord la démocratie américaine n'a succédé à rien ; elle n'avait donc rien à détruire. Ensuite elle recrute ses principaux éléments parmi la race anglo-saxonne qui continue à vivre, dans la vieille Europe, sous des institutions monarchiques très prospères, et dont les émigrants apportent avec eux les bonnes mœurs et les traditions de la mère patrie ; enfin la république

américaine offre presque exclusivement le caractère d'une association d'industriels et de négociants, préoccupés par-dessus tout de la production des biens matériels. Elle se trouve dans le cas de toutes les associations commerciales, dont les profits réels ne sont bien connus que le jour de la liquidation. Ce moment n'est pas encore venu. Mais on voit déjà des signes de souffrance se produire au sein de la nation. L'accumulation de la richesse entre les mains de grandes compagnies financières est une cause d'inquiétude pour l'avenir, et suscite des antagonismes violents. La vénalité et la corruption ont envahi les mœurs publiques. On a vu des États faire banqueroute, comme des négociants véreux. Le gouvernement est une exploitation organisée des deniers publics. Une légion de fonctionnaires y vit aux dépens de l'État. N'est-ce pas ainsi que finissent toutes les démocraties, en détruisant elles-mêmes l'édifice gouvernemental qu'elles cherchaient à élever ?

Je ne veux pas dire que la démocratie soit mauvaise en soi. Je ne critique que l'abus de la démocratie sortant de son rôle et envahissant le gouvernement central. Mais elle a sa place marquée, comme élément nécessaire de la souveraineté, dans le gouvernement local, dans la commune, au premier degré inférieur de la hiérarchie sociale. Nous y reviendrons plus loin.

Les faits que nous venons d'examiner peuvent-ils éveiller l'idée d'une loi de progrès? Je ne le pense pas. La plupart des types sociaux ont été réalisés par les races les plus diverses et dès les temps les plus reculés. On n'a rien imaginé de nouveau depuis. Tout le changement consiste à varier l'arrangement des éléments déjà connus. C'est une évolution ; ce n'est pas à proprement parler un progrès. Le caractère le plus remarquable de cette évolution est une complication croissante, à mesure que les États se développent en civilisation et en population. Mais, dans les systèmes politiques les plus compliqués, on trouve toujours la trace des phases antérieures. Ainsi

la commune rappelle encore la tribu primitive, et la province peut être comparée à une confédération de tribus. Les majorités ignorantes, pauvres et faibles, qui, dans les États les plus civilisés forment la masse des classes populaires, évoquent le souvenir des époques barbares. Les classes dirigeantes représentent les vieilles aristocraties. Au fond de toute souveraineté on retrouve encore l'autorité patriarcale. La division du travail s'est introduite dans le gouvernement comme ailleurs. Le souverain a dû déléguer une partie de ses attributions à des corps publics, chargés de veiller à l'exercice du culte, de rendre la justice, de commander aux armées, de percevoir les impôts, de représenter le pays auprès des puissances étrangères, etc. Les grandes assemblées parlementaires qui, dans les États représentatifs, partagent avec le souverain l'exercice du pouvoir, rappellent les assemblées populaires et les conseils de vieillards en usage dans les sociétés les plus simples.

S'il y a peu à innover en matière de gouvernement, cela ne veut pas dire que les nations soient condamnées à l'immobilité. A mesure qu'elles agrandissent leur territoire, qu'elles s'assimilent des éléments ethniques nouveaux, que la civilisation se développe, que la richesse augmente, que les mœurs se modifient, il est naturel qu'elles remanient leurs institutions.

Mais il faut bien se persuader que les meilleures institutions ne donnent ni le bonheur ni la paix sociale, si elles ne sont fécondées par la pratique de la loi morale ; et que, même avec des institutions imparfaites, les hommes ont su de tout temps, sous tous les régimes, vivre heureux, en pratiquant la vertu.

Il y a cependant des institutions essentielles, fondamentales, sans lesquelles une nation ne peut atteindre son plein développement matériel, social et moral. Il me semble qu'on peut les ramener à quatre : un gouvernement monarchique et fort, une constitution basée sur la décentralisa-

tion administrative et sur l'indépendance de la vie privée, une coutume inspirée par la loi morale, une hiérarchie.

Les grands peuples modernes admettent que la souveraineté comprend cinq éléments : la théocratie, ayant pour objet le gouvernement des âmes ; l'autorité paternelle, préposée au gouvernement de la famille ; la démocratie, chargée des intérêts de la vie locale, dans la commune ; l'aristocratie, appelée à l'administration de la vie locale, dans la province ; enfin la monarchie, qui est le pouvoir du chef d'État, placé à la tête du gouvernement central. Chacun de ces éléments concourt à l'exercice de la souveraineté (1). Nous avons vu que, dans les sociétés simples, le père de famille résume toutes les attributions de la souveraineté, comme délégué de Dieu. Dans les sociétés compliquées, la paix sociale résulte du bon accord des cinq formes de la souveraineté (2).

La monarchie est en quelque sorte une délégation de la souveraineté, qui réside dans la nation tout entière, à un chef élu ou héréditaire, chargé de maintenir la paix publique par la pratique du bien, et de représenter la nation devant l'étranger (3). Chez les peuples modernes, que l'on cite comme des peuples modèles, le souverain partage l'exercice du pouvoir avec deux grands corps ayant pour mission de veiller avec lui aux intérêts de la nation : un sénat, dont le mode de recrutement est variable, souvent héréditaire ; une chambre des représentants élus par le peuple. Le pouvoir législatif résulte de l'accord du souverain et des deux chambres ; le pouvoir exécutif émane du souverain avec le concours de son conseil privé et de ses ministres (4).

La puissance militaire est un avantage incontestable pour les peuples qui commencent et qui ont à se faire une

(1) Le Play : *La Méthode sociale*, p. 476.
(2) *Ibid.*
(3) *Ibid.*, p. 465.
(4) Le Play : *L'Organisation du travail*, ch. 69.

place en face de l'étranger. Or il n'y a de nations fortes militairement que celles où domine le principe d'autorité. Les peuples chez qui l'autorité fut le plus tôt et le plus solidement constituée l'emportèrent sur les autres, dans la lutte pour l'existence. Les sociétés sans cohésion furent condamnées à disparaître. Mais il y a une autre condition essentielle du succès au point de vue militaire, c'est l'unité dans le commandement. L'autorité d'un seul, la monarchie, sera donc favorable au développement militaire et par conséquent à l'essor politique des nations. Le gouvernement monarchique offre d'autres avantages. D'abord l'exercice de la souveraineté est un acte solennel qui exige le plus haut degré de moralité. Or il n'y a pas de moralité sans responsabilité et, si la responsabilité se divise, la moralité diminue. La monarchie réalise donc en principe la forme de gouvernement la plus conforme à l'ordre moral. Ensuite, en attribuant au principe monarchique le bénéfice de l'hérédité, on évite les agitations stériles, à la mort du souverain ; on place le pouvoir suprême au-dessus de toute compétition, on assure sa transmission régulière et sans interruption. Cette continuité est utile aux bonnes traditions gouvernementales. Les démocraties, avec leurs majorités flottantes, sont condamnées à vivre au jour le jour, sans suite dans la politique intérieure ou extérieure, incapables de déjouer les entreprises préméditées de longue date par des voisins vivant sous un régime plus stable.

On a fait bien des objections au principe de la monarchie héréditaire. Il favorise, dit-on, le despotisme. Mais il existe d'excellentes institutions pour balancer l'autorité royale, la soumettre à un contrôle et opposer des barrières efficaces aux abus du pouvoir. C'est le rôle des quatre autres éléments de la souveraineté. D'ailleurs, le despotisme est-il plus à craindre de la part d'un roi que d'une démocratie ? Il ne serait pas difficile de prouver le contraire, l'histoire en main. Il n'y a qu'une garantie efficace contre les abus de la souveraineté, quelle que soit sa forme ; cette garantie est,

comme je viens de le dire, la responsabilité morale des gouvernants. Le principe légitime de la souveraineté est en Dieu, de qui procède toute autorité en ce monde. Tout pouvoir qui ne s'appuierait pas sur la loi morale et qui renierait Dieu se priverait de tout droit au gouvernement des hommes.

On a adressé une autre critique au régime monarchique. « Le roi, dit Michelet, c'est l'étranger. Tout fils tient de sa mère. Le roi est le fils de l'étrangère et en apporte le sang. La succession presque toujours a l'effet de l'invasion. » Si cette objection était valable, on pourrait contester à tout homme la capacité de soutenir équitablement les intérêts de sa famille, sous prétexte qu'il est le fils d'une étrangère. Mais la critique formulée par Michelet n'est même pas fondée. Les rois s'allient dans un milieu qu'il est inexact d'assimiler à l'étranger. Les familles souveraines de l'Europe, par suite de leurs alliances nombreuses les unes avec les autres, ne sont à proprement parler ni allemandes, ni anglaises, ni françaises, ni italiennes. Elles forment comme une famille à part, ennoblie par une longue sélection. Voyant les choses de plus haut que des gouvernants imbus de préjugés nationaux, ne sont-elles pas plus aptes aussi à comprendre et à servir les intérêts généraux de l'humanité, sans manquer pour cela aux devoirs particuliers qu'elles ont à remplir envers leurs peuples ?

Relativement à la constitution sociale, voici les principes élémentaires sur lesquels elle repose. Dans l'activité d'une nation il faut distinguer deux ordres de faits, se rapportant les uns à la vie privée, les autres à la vie publique. Les manifestations de la vie privée ne relèvent que de l'autorité des pères de famille. Celles de la vie publique sont soumises à la direction du gouvernement central, c'est-à-dire du souverain et de ses représentants. Or tous les peuples prospères sont d'accord pour reconnaître que les meilleures constitutions sont celles qui assurent le plus d'indépendance à la vie privée, en interpo-

sant entre les familles et le gouvernement central une série d'autorités et de gouvernements locaux, qu'on appelle la commune, le département, la province, établis sur le principe de l'autonomie ou, en d'autres termes, de la décentralisation administrative. A Sparte, dans l'ancien Pérou, dans l'ancien Mexique, dans les grandes monarchies antiques de l'Asie occidentale, les détails les plus intimes de la vie privée étaient soumis à la direction des officiers publics. Leur histoire prouve que les institutions de contrainte n'ont pas été efficaces pour assurer d'une façon durable la paix et la prospérité. Les régimes de contrainte peuvent être bons dans certaines circonstances, à l'origine d'une nation, par exemple, pour former les mœurs publiques et privées et favoriser l'établissement de la coutume ; à la condition toutefois que le gouvernement central s'inspire rigoureusement des prescriptions de la loi morale et religieuse. Mais un tel régime est incompatible avec les aspirations des grandes nations modernes, en droit de réclamer une plus grande part d'initiative pour tous les membres du corps social (1).

Passons à la troisième condition essentielle énoncée plus haut. La coutume est l'ensemble des règles imposées à la vie publique par la tradition. « C'est, dit M. Le Play, l'autorité que les populations sont le plus disposées à respecter lorsqu'elles n'en sont point détournées par la passion ou la force. Les coutumes les plus bienfaisantes sont celles qui ne sont point écrites. Alors, en effet, les populations sont vraiment libres tout en conservant leur stabilité. Car les anciens, chargés de rendre la justice, en interprétant ces coutumes, sont insensiblement amenés à les modifier, selon l'état des mœurs et le besoin des temps. Les coutumes séculaires sont les plus vénérées. Mais, à défaut d'anciennes coutumes, chaque génération aime à prendre pour règle la pratique qu'elle a créée (2). »

(1) Le Play : *La Réforme sociale ;* ch. 52 ; VI. — *Organisation du travail*, ch. 66, 67.

(2) *Réforme sociale*, ch. 52, III.

Telles coutumes, telles mœurs. Pour que les mœurs soient bonnes, il faut que la coutume soit inspirée par la loi morale et fondée sur le décalogue. Il faut aussi que la coutume soit forte et respectée. L'expérience montre que l'empire de la coutume s'établit d'autant mieux qu'une nation se forme et grandit dans l'isolement de l'étranger. La Chine en est un exemple. Comme il arrive nécessairement que par suite du développement de la civilisation et du commerce, les rapports internationaux tendent à se multiplier de plus en plus, il n'est pas inutile que les peuples, au début de leur existence, dans le recueillement de leur première jeunesse, acquièrent ce profond respect de la coutume, que le contact des nations étrangères a toujours pour effet d'ébranler dans la suite.

Dans les grandes agglomérations sociales, la diversité des coutumes répond à la diversité des races réunies sous la même autorité. Cette diversité est utile, parce qu'elle est en harmonie avec le tempérament et les traditions des populations. Les grands peuples d'Europe, et particulièrement les Anglais, l'ont bien compris. Ils ont toujours hésité à toucher aux anciennes coutumes, et n'ont pratiqué les réformes qu'avec une extrême modération. « Dans la législation anglaise, dit Macaulay, l'élément pratique a toujours prédominé, et plus d'une fois prédominé avec excès, sur l'élément spéculatif. Ne point s'inquiéter de la symétrie et s'inquiéter beaucoup de l'utilité ; n'ôter jamais une anomalie uniquement parce qu'elle est une anomalie ; ne jamais innover, si ce n'est lorsque quelque malaise se fait sentir, et alors innover juste assez pour se débarrasser du malaise ; n'établir jamais une proposition plus large que le cas particulier auquel on remédie, telles sont les règles qui, depuis l'âge de Jean jusqu'à l'âge de Victoria, ont généralement guidé les délibérations de nos 250 parlements. » Telles sont aussi les règles dont devraient s'inspirer les législateurs de tous les pays, lorsqu'ils ont à modifier la coutume ou à promulguer les lois écrites qui servent de

base au droit nouveau. En France on a opéré tout autrement. Sous l'influence de légistes ignorants des enseignements de l'histoire, ou aveuglés par l'esprit de système et par les erreurs révolutionnaires, on a tout sacrifié à cette dangereuse symétrie que condamne Macaulay. On a fait table rase de tous les usages locaux et érigé, sur le droit coutumier si varié de l'ancienne France, ce monument régulier et symétrique qu'on appelle le Code civil. Les légistes de profession peuvent s'extasier devant leur œuvre ; mais l'unité factice qu'on s'obstine à imposer par une centralisation à outrance à une nation de 35 millions d'hommes, d'origine et de tempérament très divers, constitue à la fois une erreur historique, un contresens anthropologique et une faute politique dont les mauvais effets se font sentir tous les jours. Parmi les revendications qui se produisent au nom des intérêts en souffrance, nous voyons invariablement inscrit le mot de décentralisation, qui exprime bien d'où vient le mal.

La quatrième condition du progrès est l'établissement d'une hiérarchie sociale. L'utilité d'une hiérarchie se justifie par le principe de la division du travail. Chaque classe dans un état hiérarchisé est appelée à rendre des services spéciaux. En appuyant la hiérarchie sur l'hérédité et la sélection, on augmente encore ses bons effets. C'est une question déjà traitée précédemment, et sur laquelle je n'insisterai pas. Les sociétés primitives ont pratiqué la sélection à outrance par le système des castes et des aristocraties fermées. C'était un régime de contrainte. Il a atteint son but, mais il l'a dépassé, en isolant chaque catégorie de citoyens, en restreignant d'une façon préjudiciable le champ de la sélection, en entravant le recrutement des classes, en créant de dangereux antagonismes. Dans les sociétés modernes, le régime des classes largement ouvertes tend à se substituer partout à celui des castes fermées. Il est pleinement suffisant pour assurer le fonctionnement hiérarchique, à la condition de

s'inspirer, dans la vie privée, des avantages de l'hérédité et de favoriser cette sage et utile pratique par les institutions de la vie publique, en tenant compte à la fois de la valeur héréditaire et du mérite personnel des citoyens.

L'ascension d'une classe à une autre, dans un état bien ordonné, doit être rendue facile à tous. Mais elle doit avoir un caractère familial autant qu'individuel, c'est-à-dire que les individus doivent s'élever en même temps que leur famille et par leur famille. Tout avancement qui n'est pas justifié par une sélection héréditaire est un déclassement.

Dans les démocraties instables, la hiérarchie n'est plus que nominale. Le déclassement est la règle générale. Il n'y a plus ni famille, ni sélection, ni progrès régulier. L'évolution est abandonnée au hasard. Le principe démocratique que tout citoyen est rendu apte à tout par la seule culture personnelle, et qu'on peut se passer de la culture héréditaire, est une des principales causes de la faiblesse et des insuccès du régime démocratique. De généreux efforts, suivis presque toujours d'avortements; de brillantes illusions accompagnées bientôt de profondes déceptions; n'est-ce pas là l'histoire de toutes les démocraties? Elles promettent plus qu'elles ne donnent. Il leur manque la culture féconde et nécessaire de l'hérédité et de la sélection. C'est le régime des fruits secs.

A chacun sa place dans un état normalement organisé. Le peuple fera son apprentissage de la vie publique en participant à l'administration municipale. Là est la place régulière de la démocratie. Les classes supérieures fourniront une élite soit pour le gouvernement provincial, soit pour le gouvernement central, qui exigent des aptitudes et une culture spéciales. On a parfaitement défini cette distribution des forces sociales en disant que l'administration municipale est l'école primaire du citoyen; l'administration provinciale, l'école secondaire; et le gouvernement cen-

tral, l'école supérieure (1). Les résultats pratiques d'une hiérarchie établie sur ces bases, est de rendre possible la décentralisation administrative, de donner à chacun un rôle proportionné à ses aptitudes, de provoquer l'esprit d'émulation, d'augmenter la valeur individuelle, de favoriser le recrutement des classes d'élite, et d'élever régulièrement et progressivement le niveau moral et intellectuel d'une race.

Après avoir étudié séparément et méthodiquement les divers éléments du gouvernement, M. Le Play a résumé ses observations en donnant comme exemples les nations qui, ayant réalisé les meilleures institutions, doivent être citées comme des modèles. Ces modèles seraient, parmi les grandes nations, l'Espagne sous le règne de Ferdinand et d'Isabelle (1479-1504), l'Angleterre depuis le règne de George III, la France sous Louis XIII (1629-61), les États-Unis depuis la présidence de Washington, puis le Canada. Parmi les petites nations, les trois provinces basques de Biscaye, d'Alava et de Guipuscoa, et les six cantons allemands de la Suisse : Uri, Schwitz, Unterwald (le haut), Unterwald (le bas), Zug, Appenzel (Rhodes intérieures), etc.

On me permettra de reproduire, en terminant, les observations de M. Le Play sur le Canada, cette vieille terre française qui, à ce titre, est particulièrement intéressante pour notre race.

« Cette nation, composée à son début de quatre États, est déjà puissante ; et, en raison de l'immensité de son territoire, elle peut compter sur de hautes destinées. Par un singulier concours de circonstances, elle réunit, dans sa constitution actuelle, ce qu'il y a de plus recommandable

(1) « Les constitutions modèles du passé, dit M. Le Play, comme celles du présent, offrent simultanément quatre caractères : elles sont *théocratiques*, dans le monde des âmes, *démocratiques* dans la commune, *aristocratiques* dans la province, *monarchiques* enfin dans la famille et dans l'État » (*La Réforme en Europe et le salut en France*, ch. v, § 4).

dans les traditions de l'ancienne France et dans les pratiques actuelles de l'Angleterre et des États-Unis. La confédération britannique groupe, en effet, la plupart des bons éléments propres aux meilleures constitutions européennes, et elle est exempte des maux qui les affaiblissent. Le souverain a réduit à ses extrêmes limites son immixtion personnelle ; et, en raison de son éloignement, il ne saurait empiéter sur les droits de ses sujets. Le gouvernement central est sous la haute direction de trois autorités : un gouverneur général, délégué par le souverain ; un sénat à vie, nommé également par le souverain, et une chambre de représentants, élus par les États-provinces. Ce gouvernement intervient en ce qui concerne : la justice fédérale et provinciale ; la défense du sol et la conservation de la paix publique ; les voies de communication communes aux États ; les postes, les poids, mesures et monnaies ; l'organisation du revenu fédéral, fondé sur la douane et les taxes des spiritueux. Chacun des quatre États-provinces est dirigé par un lieutenant gouverneur, assisté d'une législature ; et celle-ci est organisée selon les résolutions d'une assemblée constituante locale, nommée à cet effet. Chaque État règle ainsi souverainement sa constitution ; seulement il ne doit point empiéter sur la constitution fédérale, et il ne doit rien prescrire non plus touchant les religions. Chaque culte reste dans le domaine de la famille et de la paroisse. Les gouvernements locaux de chaque État concentrent dans le département rural et la commune urbaine toutes les libertés qui n'entravent pas la légitime action des autorités préposées à l'État et à la Confédération. La vie privée repose sur la liberté testamentaire et la famille-souche. La famille reste unie, stable et féconde. Elle ne demande sa prospérité qu'au travail et à la religion. Elle possède, outre la liberté religieuse, toutes les libertés de la vie privée, c'est-à-dire celles qui ne peuvent pas compromettre les intérêts publics. Enfin les ateliers de travail, les communautés et les cor-

porations privées vivent dans une paix complète en respectant les prescriptions de la Coutume et du Décalogue. Grâce à ces institutions, les plus libres dont l'humanité ait joui jusqu'à ce jour ; grâce à la sévérité du climat, à l'absence de grandes richesses et à l'éloignement des principales voies commerciales, la foi religieuse et la paix publique se sont affermies mieux qu'elles ne l'ont jamais été sous les régimes de contrainte de l'antiquité et du moyen âge. Malgré leur multiplicité et leur enchevêtrement toutes les croyances vivent en paix, parce que chaque citoyen a compris que le meilleur moyen de s'assurer les bienfaits de la liberté est de la défendre quand elle est attaquée chez les autres. Ces croyances acquièrent par l'émulation un haut degré de ferveur. Cependant le prosélytisme se maintient dans de justes bornes. Sous ce régime, en effet, l'opinion publique se fonde sur des faits plus que sur des paroles ; et elle admet que le premier titre d'un culte à la confiance des familles est la valeur morale qu'il donne aux croyants...

» Aucun peuple n'a mieux mis en lumière, par sa propre histoire, les forces incomparables que l'humanité trouve dans le catholicisme, quand celui-ci dispose de clercs pauvres et dévoués à leur mission. Dès l'origine, le clergé s'est mis à la tête de la colonie : il a exploré le pays dans toutes les directions et, tout en préparant les succès des colons, il a travaillé à l'amélioration morale des indigènes, autant que l'ont permis les rivalités des Européens. Les prêtres séculiers, secondés souvent par les jésuites, ont dirigé toutes les entreprises de défrichement : ils ont présidé à la création des villages en joignant à leur fonction principale celles du législateur, du juge, de l'architecte et du médecin. Au milieu des souffrances provenant de la guerre, des épidémies, des famines, des désordres atmosphériques, puis de l'abandon de la mère patrie, les clercs ont constamment soutenu les courages et conservé l'esprit national. Quand sont venus de meilleurs jours, sous la

domination britannique, ce sont également les clercs qui ont lié indissolublement à la langue française l'enseignement de la religion, la culture des arts, des sciences et des lettres. Si les voyageurs français trouvent aujourd'hui hors d'Europe une province qui leur rappelle leur patrie, ils doivent cette satisfaction aux clercs du Canada et à la solide organisation des familles qui fournirent les premiers colons...

» Enfin l'histoire du Canada met en lumière l'erreur des écrivains qui vouent le moyen âge au mépris, pour exalter sans cesse Louis XIV ou la Révolution ; car la vérité se résume avec évidence dans les faits suivants : La famille et la religion du moyen âge avaient fait sortir des vieilles souches de la France les deux rameaux du Canada et de la Louisiane. La corruption de Louis XIV et de son successeur a amené le honteux abandon du Canada ; et les désordres de la Révolution ont imposé au consulat la vente lamentable de la Louisiane. Depuis lors, la France a conquis de vastes territoires déserts ou habités ; mais elle n'a pu fonder une seule colonie sur l'immigration de sa propre race (1). »

Cette citation servira d'épilogue à cette trop longue étude. Elle montre ce qu'une nation jadis grande et florissante, la France, a perdu en rompant avec ses traditions, et ce qu'elle pourrait redevenir sans doute, en tenant compte des enseignements de l'expérience, qui forment toute la science sociale.

CONCLUSION.

Mon programme est rempli. Il me reste à conclure. Mais auparavant le lecteur voudra bien me permettre de jeter avec lui un coup d'œil rapide sur le chemin parcouru,

(1) Le Play, *l'Organisation du travail*, ch. LXX.

et de résumer les observations éparses dans les pages qui précèdent.

J'ai défini d'abord en quoi consiste la science sociale et quelles sont les bases de sa méthode, en prenant pour guide M. Le Play, dont je m'honore d'être le disciple. C'est, avons-nous dit, une science d'observation, au même titre que toutes les sciences naturelles. Elle étudie les faits par la méthode des monographies de familles, et en tire les lois générales qui assurent la stabilité et la prospérité des nations, la paix sociale en un mot, en s'autorisant des meilleures pratiques des peuples prospères.

Je n'avais point à refaire ce qui est fait. L'école de la paix sociale, en s'appuyant sur des observations recueillies principalement parmi les peuples d'Europe et de l'Asie occidentale, a formulé les lois générales, sur lesquelles repose la constitution essentielle des sociétés humaines. Ces résultats sont acquis. Je me suis proposé simplement de montrer qu'ils s'étendent à toutes les races humaines indistinctement, en me servant des données de l'anthropologie et de l'ethnographie. J'ai pensé que l'anthropologie qui étudie les races, et la science sociale qui étudie les peuples, pouvaient se rendre des services réciproques.

Nous avons cherché d'abord quelle était l'influence sociale des facteurs naturels tels que les milieux, l'hérédité, la sélection, la race, la lutte pour l'existence.

L'étude de ces facteurs devait me conduire à examiner une doctrine qui leur accorde une importance de premier ordre, la doctrine transformiste, puis à rechercher si, contrairement à l'opinion qui tend à prévaloir parmi les disciples de Darwin et de Spencer, les phénomènes sociaux ne révèlent pas, à côté de ces facteurs naturels, l'existence d'un principe d'activité indépendant et libre, du facteur humain, de l'âme humaine en un mot.

Nous avons examiné d'abord l'influence sociale des milieux, en commençant par les milieux physiques, le climat, la configuration du sol, la flore et la faune, la constitution

géologique, etc. Puis, passant à l'étude des milieux sociaux, nous nous sommes plus particulièrement arrêtés à l'influence des milieux urbains, favorables au développement des œuvres de l'intelligence, mais funestes à la santé et à la moralité.

Après les milieux, l'hérédité. Cette grande loi biologique est le lien correctif des générations humaines. Elle explique l'homme moral, la transmission des instincts et des sentiments particuliers aux races, aux groupes sociaux ; la permanence des caractères nationaux, la résistance qu'ils opposent aux changements politiques trop rapides. Elle justifie l'institution de la famille, des classes, des hiérarchies sociales. Elle rend compte du rôle social des castes héréditaires, des aristocraties, et montre l'erreur des gouvernements démocratiques, qui prétendent se passer de l'hérédité.

La sélection est le complément de l'hérédité. Elle est, aux mains des éleveurs, le grand moyen de perfectionnement des races. Livrée à elle-même, c'est une cause de changement en bien ou en mal. Elle est l'agent énergique de la dégénérescence ou du progrès. L'homme peut et doit donc l'employer au perfectionnement de sa race. La sélection est le principe même des aristocraties. Mais combinée avec l'action des milieux et trop longtemps répétée, elle exerce une influence néfaste ; elle épuise les races. Toutes les aristocraties s'éteignent. Elles payent la dîme du progrès. Qu'importe, si l'humanité grandit ? Mais grandira-t-elle toujours ? N'y a-t-il pas une limite au progrès ? Les races supérieures ne s'épuiseront-elle pas comme les aristocraties ? L'étude de la race et de son influence sociale va peut-être nous l'apprendre.

Au physique comme au moral, les races présentent les caractères les plus variés. Certains caractères physiques, comme par exemple l'aptitude à l'acclimatement, ont une grande valeur sociale. Cette qualité détermine en effet la puissance d'expansion d'une race. En général, les carac-

tères moraux ont une ténacité et une permanence dont les gouvernants et les réformateurs ne sauraient trop se préoccuper. Un peuple en s'assimilant plusieurs races s'enrichit d'aptitudes variées, qui peuvent être fort utiles à son développement, à la condition que son unité politique n'en sera pas troublée. Tous les grands peuples sont formés d'éléments ethniques très divers, entre lesquels il n'est pas toujours facile de maintenir l'équilibre. Avec le temps et par le contact de l'étranger, les instincts de race tendent à se modifier ; mais les rapports avec l'étranger s'établissent difficilement. Hors de la civilisation, l'étranger c'est l'ennemi. La civilisation écarte les causes de conflits, favorise les rapprochements et détermine des croisements entre les races. Les avantages ou les inconvénients du métissage forment une question très controversée ; à mon sens, les résultats de tout croisement dépendent rigoureusement des lois de l'hérédité. Limité aux races supérieures, le métissage donnera de bons résultats ; mais toute alliance avec un sang inférieur est une cause irrémédiable de déchéance. Cette cause de dégradation n'est point à redouter pour l'humanité de l'avenir. Les races inférieures s'éteignent.

L'antagonisme des races nous a amené ensuite à parler de la lutte pour l'existence, qui est la loi commune de tous les êtres, l'homme compris. Elle détermine une véritable sélection par l'élimination des faibles et le triomphe des plus forts, des mieux organisés. C'est donc une loi favorable au progrès. La vie sociale ne supprime pas la concurrence, mais elle en atténue les rigueurs. A son état aigu, c'est la guerre. Les nations les mieux organisées militairement sont les plus fortes ; et les mieux organisées militairement sont celles qui ont un gouvernement fort, l'esprit de discipline et la croyance en Dieu. Il y a une autre forme de lutte, moins sanglante, mais aussi brutale dans ses effets. C'est la lutte pour la subsistance. Les places sont comptées au banquet de la vie. Si la subsistance

diminue, un certain nombre de convives sont forcément éliminés. Dans les pays comme l'Angleterre ou la France, où la production agricole se solde chaque année par un déficit, le chiffre de la population ne se maintient que grâce à l'importation de denrées étrangères. L'Europe tout entière est, sous ce rapport, tributaire du nouveau monde. Que les importations cessent, il y aura disette et une partie de la population devra émigrer. L'utilité des colonies est de recevoir le trop plein de la population, c'est-à-dire de la maintenir en équilibre avec la production, sans restreindre la fécondité. La France, qui n'a pas de colonies d'émigration, voit sa fécondité diminuer. En Angleterre, au contraire, elle augmente. L'avenir est aux races qui savent coloniser. Elles disputeront aux autres l'empire du monde. C'est la lutte pour l'espace. Les races inférieures disparaîtront. Les petites nations seront également menacées par la puissance croissante de quatre grands peuples : les Anglais, les Russes, les Américains et les Chinois. On peut pronostiquer que le métissage ne se fera plus, dans l'avenir, qu'entre ces grandes races et les autres rameaux subsistants de la race blanche, et qu'il en sortira une humanité égale, sinon supérieure, aux meilleurs types actuels.

L'influence des cinq facteurs naturels que nous venons d'étudier peut se résumer en deux mots : inégalité et lutte. La vie sociale tend vers un but tout différent, qui est de donner la paix et d'assurer l'existence aussi bien aux faibles qu'aux puissants, aux pauvres comme aux riches. Elle est subordonnée à des lois morales, et procède d'un agent que nous allons voir à l'œuvre, en pénétrant plus intimement dans le mécanisme des phénomènes sociaux. Cet agent est la volonté.

L'étude du langage nous a servi de transition entre les phénomènes purement naturels et les phénomènes sociaux. S'entendre et se comprendre est le premier besoin des hommes qui vivent en société. Ils y arrivent par les pro-

cédés du langage. Nous avons distingué dans le langage deux éléments : l'un naturel, le phonétisme, dépend de la conformation des organes vocaux, de la race ; son évolution est soumise à des lois purement physiques ; l'autre, comprenant la grammaire et la syntaxe, est absolument artificiel. Les races les plus diverses ont réalisé l'un ou l'autre des trois grands types syntaxiques du langage : les langues monosyllabiques, les langues agglutinantes et enfin les langues à flexion. La forme syntaxique ne dépend donc pas de la race. Ce n'est donc pas un produit de l'évolution. Les grammairiens et les linguistes de profession n'hésitent pas à donner la préférence aux langues à flexions. Ce sont, en effet, de merveilleux instruments, façonnés avec le plus grand art et d'une souplesse admirable pour rendre toutes les nuances de la pensée. Mais on peut arriver plus simplement au même résultat. La langue la plus parlée dans le monde, l'anglais, s'est dépouillée à peu près complètement de ses flexions. C'est le type des langues de l'avenir.

Le langage reste indécis et flottant, tant qu'il n'est pas fixé par des signes graphiques. Associé à l'écriture, il devient un instrument puissant au service de l'intelligence humaine. Il est à la pensée ce que l'algèbre est à la science des nombres, c'est-à-dire un moyen fécond d'investigation et de progrès. C'est grâce au langage que la vie sociale acquiert son couronnement, l'épanouissement de la pensée dans les hautes régions de la science, des lettres et des arts. J'ai réfuté en passant l'opinion de l'école transformiste, d'après laquelle le progrès serait une œuvre collective inconsciente. J'ai invoqué le souvenir des hommes fameux pour avoir marqué du sceau de leur individualité et de leur énergique volonté, soit les grandes œuvres qui honorent l'humanité, soit les doctrines néfastes qui l'empoisonnent. J'ai terminé enfin ce chapitre en résumant les avantages sociaux de la littérature et des arts ; puis en faisant remarquer qu'il ne fallait pas confondre les lettres avec les let-

trés, dont l'ingérence personnelle dans la politique est le plus souvent désastreuse, à cause de l'habitude qui leur est commune d'envisager les choses de la vie à un point de vue rationnel plutôt que pratique. Leur influence s'exerce surtout dans les démocraties, où il leur est facile de capter la faveur des foules par la presse et par la parole, et de prendre la place des autorités sociales les plus recommandables.

Puis, abordant l'étude des institutions fondamentales de toute société, nous avons commencé par la famille. Examinant la constitution de la famille chez les différentes races, nous avons constaté d'abord que ses trois types principaux, la polygamie, la polyandrie et la monogamie, ne sont particuliers ni à certaines races, ni à certains temps, ni à certains états de civilisation. Ils ne marquent donc pas les étapes d'une prétendue évolution. L'organisation de la famille dépend de causes multiples ; mais il en est une qui domine toutes les autres : c'est la moralité. Suivant que les hommes ont été moraux ou corrompus, ils ont adopté tel ou tel type. Il n'y en a qu'un de conforme à la loi morale, c'est la famille monogame. L'observation nous montre que, dans la concurrence des peuples et des races, la supériorité s'est trouvée définitivement acquise à ceux qui donnèrent à la famille l'organisation la plus conforme au type monogame et aux lois morales. C'est une démonstration expérimentale de l'excellence de ce type. Ce point établi, nous avons examiné les différents régimes suivant lesquels l'association familiale est constituée parmi les grandes races monogames. Ils sont subordonnés aux milieux naturels, au climat, aux productions du sol, au genre de vie que ces conditions imposent. Nous en avons distingué trois : la famille instable, sans foyer, sans traditions, sans lien durable entre ses membres ; la famille patriarcale, où le lien familial est au contraire très étroit et la tradition très puissante ; enfin celui que M. Le Play a appelé la famille-souche. C'est le type auquel toutes les races les plus pros-

pères ont donné la préférence. C'est celui qui assure le mieux la stabilité, sans nuire à l'esprit d'initiative individuelle. Il repose sur le respect de l'autorité paternelle, sur une bonne éducation traditionnelle et héréditaire, sur la transmission intégrale du foyer à l'héritier le plus digne, cette dernière condition garantie par la liberté testamentaire. Nous avons montré les funestes conséquences de l'instabilité, qui, après avoir détruit les familles, désorganise les États.

Les institutions domestiques nous ont conduit à parler de l'éducation, qui est la grande œuvre familiale. Il y a deux éléments à distinguer en matière d'éducation : l'un héréditaire, qui s'acquiert par sélection et ne peut être développé et cultivé que dans les familles stables ; l'autre personnel. Mais l'éducation personnelle est peu de chose, comparée à l'éducation héréditaire, dont les effets sont incrustés au plus profond de la nature humaine. Les peuples sauvages, voués à l'instabilité, ne peuvent pas pratiquer cette bienfaisante culture héréditaire; il ne faut donc pas s'étonner que, parmi eux, le progrès soit si lent. Bien plus, en l'absence de toute culture, il se produit une sélection régressive, qui les précipite de plus en plus sur la pente de la décadence héréditaire. On a constaté souvent que les races sauvages étaient issues de races meilleures. L'état sauvage n'est pas un commencement, comme le voudrait l'école transformiste; c'est une fin. Les sauvages préhistoriques de l'Europe étaient peut-être eux-mêmes les représentants déchus de races plus élevées. L'humanité n'a pas pu débuter par la sauvagerie. Comment en serait-elle sortie? Elle devait au moins posséder, dès l'origine, les fondements de la loi morale et religieuse, comme nous le disent les traditions de toutes les vieilles races. Après avoir montré ce que doit être l'éducation familiale, comment elle doit procéder à la formation du caractère et de l'esprit, quels secours ou quels obstacles lui viennent de l'hérédité, nous avons étudié les principes de

l'éducation publique et signalé les dangers de l'éducation d'État. Chez les peuples désorganisés par les passions, troublés par les partis, l'éducation d'État devient un moyen de propagande et un instrument de tyrannie. Il n'y a de solution conforme au droit des citoyens et des pères de famille, que la liberté de l'enseignement. Enfin les races civilisées n'ont-elles pas des devoirs d'éducation à remplir à l'égard de leurs sœurs moins favorisées, des races barbares ou sauvages. Les sociétés politiques se sont peu préoccupées jusqu'à présent de l'amélioration intellectuelle des populations sauvages. D'ailleurs les résultats obtenus sont peu encourageants. En revanche, les sociétés religieuses ont porté partout la parole du Christ et démontré, par les succès de l'évangélisation, que les inégalités terrestres s'effacent devant les espérances éternelles.

Les fondements de la famille et les principes de l'éducation sont fournis par la religion et par la morale. Nous avons donc étudié l'influence sociale de la religion, autant du moins qu'il était possible d'aborder un si grand sujet en quelques pages. La religion est un fait universel. La religiosité est un caractère anthropologique commun à toutes les races humaines. L'athéisme n'existe qu'à l'état exceptionnel. Il n'y a pas de races athées. C'est un premier point que nous avons considéré comme bien établi en nous autorisant des travaux de M. de Quatrefages. Nous avons reconnu ensuite, en nous appuyant sur l'ethnographie et l'histoire, qu'il y a un double courant religieux dans l'humanité : l'un populaire, spontané, n'est qu'une philosophie grossière cherchant à expliquer le mystère de la vie et de la mort; c'est ce que nous avons appelé le cycle de la superstition ; l'autre est traditionnel et lettré. C'est le grand courant monothéiste, qui n'a cessé de féconder l'humanité depuis ses origines jusqu'à nos jours. Il n'y a pas de race qui n'ait reçu la notion plus ou moins nette d'un Dieu unique, souverain créateur de l'univers. Les

peuples qui se sont élevés le plus haut sont monothéistes. C'est la formule religieuse du progrès.

Toutes les grandes religions ont un enseignement moral. L'erreur fondamentale de l'école évolutionniste est d'avoir confondu la moralité et la morale. La morale est une doctrine ; la moralité est l'aptitude à conformer sa vie aux préceptes de la morale. Il est incontestable que la moralité a varié suivant les races, les temps et les lieux ; mais les fondements de la morale sont immuables. Le décalogue universel est connu, sinon dans son texte, du moins dans son esprit, de toutes les races humaines ; et, plus la moralité se rapproche de la morale, plus la vie sociale acquiert d'ampleur, plus la prospérité des peuples s'accroît. Cette évolution de la moralité n'a rien de fatal. Les nations en sont absolument responsables.

Le droit repose sur l'idée de justice, et par conséquent sur la morale. Il est immuable comme elle. Il n'y a pas de peuple chez qui on ne trouve les trois grands principes fondamentaux du droit : le respect de la propriété, le respect du lien conjugal, le respect de la vie humaine. Il n'y a de variable que la manière dont ils sont interprétés et appliqués. Là est le progrès possible et réalisable. Les races supérieures sont arrivées à une conception très élevée du droit : les institutions y ont reçu un très remarquable développement. Mais le droit international, le droit des gens est resté dans l'enfance. Les foules n'en ont pas le sentiment juste ; mais de généreux efforts sont faits pour émouvoir la conscience publique et provoquer, sur ce point, les réformes qu'exige la morale.

Ensuite nous avons étudié les conséquences de la loi du travail, imposée à tous les hommes, par l'obligation de pourvoir à leur existence. Les peuples sauvages ne vivent que de la chasse ou de la pêche. A un degré supérieur, on trouve les peuples pasteurs, puis les peuples agriculteurs. Ces trois états s'observent indifféremment chez toutes les races d'hommes. Mais la vie agricole est le point

de départ de toute civilisation. Le progrès matériel est illimité, tant que les nations observent la loi morale. Mais le travail développe la richesse et les inégalités sociales et la richesse engendre souvent la corruption. Alors les classes riches manquant à leurs devoirs de patronage, on voit naître la souffrance et les antagonismes sociaux. C'est le commencement de la décadence et de la désorganisation. La science sociale démontre qu'il n'y a rien de fatal dans cette évolution, qui a précipité tant de nations de la prospérité dans la souffrance, et qu'elles peuvent toujours, par le retour aux bonnes mœurs, arrêter leur chute et se relever de leurs ruines.

La propriété est le fruit du travail, et répond à des besoins naturels de prévoyance. Aussi la trouve-t-on constituée, au moins à son état rudimentaire, chez toutes les races. Ses formes variées dépendent des milieux naturels et du genre de vie que mènent les hommes. Elle affecte trois types principaux, qui ont été réalisés par les différentes races : elle est communale, familiale ou personnelle. L'expérience des peuples prospères établit la supériorité sociale et morale de la propriété personnelle Le mode de transmission de la propriété a beaucoup varié. Tantôt il est réglé par la contrainte. Tels sont les régimes de la conservation forcée et du partage forcé ; tantôt par la liberté absolue de tester. Nous avons déjà dit les déplorables effets des régimes de contrainte et les conséquences fécondes de la liberté testamentaire, recommandée par la pratique des peuples prospères. Les pays désorganisés, émiettés par le régime du partage forcé, ont trouvé un palliatif dans le principe d'association, lequel est d'une application très restreinte dans les pays à familles stables, où les entreprises par actions sont progressivement détruites par la concurrence des familles. Plus elle s'éloigne du type communal, plus l'institution de la propriété s'élève et gagne en moralité.

Nous avons consacré notre dernier chapitre à la forma-

tion et au gouvernement des sociétés politiques. Tous les types sociaux ont été réalisés depuis longtemps. Il n'y a plus rien à inventer ; mais seulement à varier les combinaisons et à choisir les meilleures formes. Les institutions recommandées par l'expérience comme particulièrement favorables au progrès sont : un gouvernement fort, responsable, personnel, monarchique, héréditaire ; — une constitution fondée sur la décentralisation administrative et l'indépendance de la vie privée ; — une coutume traditionnelle, conforme à la loi morale et religieuse ; — une hiérarchie, formée de classes ouvertes, basée sur la valeur héréditaire familiale, autant que sur le mérite individuel. Dans les démocraties instables, la hiérarchie n'est que nominale. C'est un trompe-l'œil. Les nations finissent par la démocratie.

Nous nous sommes trouvés fréquemment, au cours de cette étude, en présence de deux doctrines que les faits ont, me semble-t-il, pleinement réfutées.

L'une est le naturalisme, cher aux philosophes du siècle dernier. Cette doctrine a pour point de départ la prétendue perfection originelle de l'homme. C'est une erreur que les lois de l'hérédité condamnent. Nous avons vu que l'homme était un produit héréditaire très complexe : il vient au monde tel que l'hérédité l'a fait, bon ou mauvais, plus souvent mauvais que bon ; mais toujours marqué de la tache originelle que l'humanité a reçue dans son berceau. Cette fausse doctrine a engendré de graves erreurs sociales en donnant à croire que la souffrance vient des institutions et non des hommes. Elle est la base des faux dogmes révolutionnaires de 1789, que M. Le Play résume ainsi : Égalité providentielle, liberté systématique, droit de révolte, mépris de l'autorité, esprit de violence, recherche du bonheur dans de nouvelles conceptions sociales. Elle inspire aux réformateurs ignorants cette dangereuse méthode d'invention, ou ces systèmes *à priori*, ce dédain de l'expérience et de l'observation, qui ne con-

duisent qu'aux utopies, aux déceptions, aux essais stériles, à la décadence et à la ruine. Cette triste école perd tous les jours du crédit auprès des esprits sérieux, parce qu'elle est absolument antiscientifique. Elle n'est plus suivie que par quelques politiciens démagogues, dont elle dénonce l'ignorance ou la mauvaise foi.

L'autre est le transformisme, très en faveur aujourd'hui parce qu'il repose sur l'apparence d'un système scientifique. C'est la théorie de l'évolution. L'homme se modifie sans cesse. Le progrès s'accomplit fatalement. Il n'y a pas de lois universelles, ni en morale, ni en religion, ni en matière sociale. Il n'y a pas de forme sociale bonne ou mauvaise en soi. Elles sont toutes venues à leur tour et à leur heure. Les efforts de l'homme ne peuvent rien changer au cours des choses. Il n'est ni libre ni responsable. La science sociale peut prévoir les événements, elle est impuissante pour les modifier. « De même que l'astronome prévoit des siècles d'avance la place qu'occupera un astre dans le ciel, écrit un auteur évolutionniste, de même aussi le savant, connaissant les lois de l'évolution, peut soulever parfois le voile de l'avenir. Pas plus que l'astronome cependant, il ne saurait se servir de la connaissance de l'état futur des choses pour modifier leur état présent. Simple science d'observation, la science sociale doit rester toujours dans l'observation pure (1). » Partant de là, on met l'activité humaine en équations. On établit, par exemple, par la statistique, combien il y a d'assassinats, d'empoisonnements, de suicides, de faillites, etc., en un lieu donné pendant une série d'années ; on en déduit une loi qu'on exprime graphiquement par une courbe, dont on calcule la formule algébrique. Avec des données suffisantes, toute l'évolution sociale passée, présente et à venir, pourrait par ce procédé s'exprimer algébriquement.

C'est pour répondre à cette doctrine que je me suis

(1) Le Bon. *L'Homme et les sociétés*, t. II, p. 392.

efforcé de mettre en lumière l'influence de l'agent volontaire sur les événements humains. Il déjoue toutes les prévisions de l'algèbre, et figure toujours à l'état d'inconnue irrésoluble dans l'équation de l'avenir.

Certes je ne nierai pas que la science sociale soit une science d'observation. Mais l'observation des faits nous a conduits à de tout autres résultats. Cette divergence de vues entre l'école transformiste et l'école de la paix sociale, tient à une fausse application de la méthode par les transformistes. Ils ont créé leur doctrine *à priori*, et ont cherché ensuite sa vérification par les faits, au lieu d'interroger d'abord les faits et d'attendre leur réponse.

Les faits librement interrogés nous ont répondu :

Que les sociétés, comme les hommes, sont libres ; qu'elles peuvent travailler pour le bien comme pour le mal, pour le progrès comme pour la décadence ;

Que ni le hasard, ni la nécessité ne sont la loi des phénomènes sociaux ;

Que la souffrance et la prospérité sont liées à certains états particuliers, toujours les mêmes, chez tous les peuples, dans toutes les races, en tout temps et en tout lieu ;

Que les mêmes causes produisent toujours les mêmes effets ; qu'en un mot il y a des lois sociales immuables, universelles ;

Qu'enfin l'universalité de ces lois proclame un grand fait anthropologique, l'unité originelle de l'espèce humaine.

La science sociale a pour objet de nous faire connaître les lois essentielles, de façon à assurer aux sociétés les meilleures institutions et, par elles, le bonheur.

« La paix, dit M. Le Play, est le criterium du bonheur. Les bons sont ceux qui apaisent les discordes, et les mauvais ceux qui les font naître. Le bien, c'est le bonheur dans la paix et l'accord des âmes. Le mal, c'est l'inquiétude, dans l'antagonisme et la haine (1). »

(1) *Constitution essentielle*, p. 11.

Écoutez encore la voix du maître :

« L'art par excellence, celui qui procure aux familles le bonheur dans la stabilité et la paix, est généralement connu et pratiqué avec succès depuis le premier âge de l'humanité. Mais c'est l'unique trait de ressemblance avec les arts usuels les plus précoces. Il diffère absolument de ces derniers, en ce qu'il avait acquis dès l'origine toute la perfection que comporte la faiblesse innée de la nature humaine (1). »

L'art du bonheur est en définitive subordonné à l'amour de nos semblables. Il se résume en deux choses : l'observance de la loi morale, et la garantie du pain quotidien.

Les institutions fondamentales qui ont toujours réalisé ce résultat sont : le décalogue, base de la loi morale et religieuse, — la famille stable, — l'indépendance de la vie privée, — la liberté du testament, — la libre transmission du foyer, — la propriété personnelle, — la liberté du travail, — le patronage pratiqué par les classes dirigeantes, — la permanence des engagements entre patrons et ouvriers, — la protection de la femme, — la centralisation politique, — la décentralisation administrative, — la hiérarchie sociale, basée sur le mérite, fortifiée par l'hérédité et la sélection.

Telles sont les lois naturelles, — on pourrait dire anthropologiques, à cause de leur universalité, — des sociétés humaines, dont la connaissance constitue la plus vieille des sciences. En les résumant dans cet exposé, nous n'avons rien inventé, nous avons laissé la parole aux faits, à la sagesse des nations et aux autorités sociales. « Dans chaque détail de cette science, dit M. Le Play, le progrès consiste non pas dans l'invention d'un principe nouveau, mais dans la meilleure pratique des principes anciens. »

Le progrès dont nous parlons est le progrès social. Cette permanence des lois fondamentales n'exclut pas une

(1) *Constit. essent.*, p. 14.

certaine évolution, résultant de combinaisons, d'adaptations nouvelles en rapport avec les changements qui se produisent nécessairement dans les conditions d'existence des peuples. Il en est de même du progrès scientifique et industriel, qui tend à transformer la surface de la terre, qui chaque jour fait surgir quelque merveille nouvelle, quoique les lois physiques dont elle procède ne changent pas. L'univers tout entier est en voie de perpétuelle évolution. Cette marche de toute chose vers une fin, vers une limite, constitue le progrès, dont les lois fixées par l'éternelle Providence, — lois religieuses, lois morales, lois sociales, lois physiques, — sont seules immuables.

Mais l'humanité, différant en cela du monde physique et des créatures inférieures, est libre de suivre ou de violer sa loi. Les ruines nombreuses qui couvrent le champ de l'histoire en sont la preuve. Cependant, considérée dans son ensemble, l'humanité semble parcourir sa trajectoire providentielle. Elle n'a cessé de grandir, depuis le jour où elle fut jetée ici-bas nue et faible.

Mais nous savons, — la science et la foi nous l'affirment, — qu'un jour les conditions physiques nécessaires à la vie cesseront d'être réalisées en ce monde, et qu'alors, s'il y a encore une humanité, ses destinées terrestres seront closes pour l'éternité. Que sera l'humanité à cette heure suprême? Quel sera le dernier terme de sa longue et merveilleuse progression? C'est le secret de Dieu. Et puisque nous ignorons quelles limites il a assignées au progrès, nous devons, pleins de confiance dans l'infinie sagesse, marcher les regards tournés vers les horizons nouveaux que la raison et la science nous font entrevoir, en répétant le cri des vaillants et des forts : En avant!

ADRIEN ARCELIN.

LES TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

JOSEPH PLATEAU

La Belgique a perdu, le 15 septembre 1883, dans la personne de Joseph Plateau, professeur émérite à l'Université de Gand et membre de l'Académie royale, un de ses enfants les plus illustres, et la science, un chercheur aussi habile qu'infatigable. C'est lui qui le premier fit pénétrer la lumière des mesures expérimentales dans une des régions obscures de la physique, je veux parler des phénomènes des images accidentelles et de l'irradiation. C'est à lui que l'étude des figures d'équilibre d'une masse liquide soustraite à l'action de la pesanteur doit ses principes, ses procédés et presque tout son corps de doctrine. Le nom de Joseph Plateau était connu et honoré partout où l'esprit scientifique a pénétré. « Il n'est pas de classe de physique, dit M. Faye, où ce nom ne soit cité chaque année avec honneur, pas de cours de faculté où quelques-uns de ses travaux ne soient exposés et applaudis. » Aussi sa mort a été un deuil général.

L'histoire des sciences consignera un jour dans ses annales les nombreuses recherches de cet esprit supérieur et véritablement original. En attendant que la postérité,

juste appréciatrice du mérite, rende à l'homme distingué que nous avons perdu ce tribut de reconnaissance, nous voulons, autant qu'il est en nous, exposer les services rendus par lui à la science physique. Notre éloge sera simple. Si, pour louer dignement un homme vertueux, il suffit de raconter ses actions, nous estimons que, pour honorer un savant illustre, il n'est besoin que de faire connaître ses travaux. Heureux les hommes dont le panégyrique se confond ainsi avec la peinture fidèle de leur vie et de leur dévouement à une noble cause.

I

RECHERCHES SUR LES APPARENCES VISUELLES.

Joseph Plateau déploya d'abord l'activité de son esprit investigateur dans un genre de recherches dont les résultats devaient être très utiles à la science, mais extrêmement funestes à leur auteur. Le premier mémoire qu'il présenta à l'Académie royale de Belgique est intitulé: « Essai d'une théorie générale comprenant l'ensemble des apparences visuelles qui succèdent à la contemplation des objets colorés et de celles qui accompagnent cette contemplation. » Les phénomènes qui succèdent à la contemplation des objets sont, comme on sait, la persistance des impressions faites sur la rétine, et les images appelées accidentelles ; ceux qui l'accompagnent sont, l'irradiation, les effets de la juxtaposition des couleurs et les ombres colorées.

La première partie du mémoire fut lue à la séance du 12 octobre 1833 ; la seconde, qui a trait à l'irradiation, à la séance du 3 novembre 1838. La cécité, dont l'auteur fut affligé en 1842, empêcha l'achèvement du travail. Nous ne possédons sur les effets de la juxtaposition des couleurs et sur les phénomènes des ombres colorées qu'une très courte

notice, composée dès 1833, et publiée, à la fin du tome second, dans la traduction française du *Traité de la lumière* de John Herschel.

Un demi-siècle s'est écoulé depuis les premières recherches de Joseph Plateau sur les apparences visuelles. Durant ce long espace de temps, l'optique physiologique a fait de notables progrès ; des faits nouveaux ont été constatés ; la loi du rapport de l'intensité de la sensation lumineuse à l'intensité de la lumière objective a été trouvée ; la science des phénomènes de l'œil a été créée. Le propre des œuvres éminentes est de rester debout, comme des phares brillants, au milieu du développement scientifique qu'elles ont provoqué. Cette gloire était réservée à l'œuvre de notre illustre compatriote ; car, au témoignage de M. Helmholtz, le savant contemporain le plus compétent en ces matières, les travaux de Joseph Plateau et ceux de Fechner sur les apparences visuelles représentent encore, pour les points essentiels, l'état actuel de la science (1).

Les recherches de Plateau sur la persistance des impressions lumineuses de la rétine datent de 1829. L'exposé de ces recherches fit l'objet d'une dissertation composée pour l'obtention du grade de docteur en sciences. Afin d'apprécier, d'une manière exacte, la durée de persistance de l'impression lumineuse faite sur la rétine, Plateau communique un mouvement circulaire et uniforme à l'objet coloré qu'il a dessein de contempler ; puis, en faisant varier par degrés la vitesse de rotation, il détermine par l'observation la plus petite vitesse pour laquelle l'anneau apparent, développé par le mouvement de l'objet, n'offre plus d'interruption nettement accusée (2). L'auteur fait remarquer

(1) *Optique physiologique*, p. 508.

(2) Dans la description des appareils et dans l'exposé des phénomènes, je me servirai fréquemment des termes mêmes des mémoires de Joseph Plateau. Pour ne pas déchiqueter outre mesure le texte de cet article, je ne mettrai entre guillemets que les citations dont l'étendue dépassera celle d'un simple membre de phrase.

ici, avec beaucoup de justesse, que cette vitesse, dont il est facile de déduire la durée de persistance de l'impression lumineuse, ne coïncide nullement avec celle qui donnerait à l'anneau une teinte uniforme. Car il est évident que lorsqu'on réalise ce dernier effet, l'objet en mouvement retrouve, en chaque point de sa course, l'impression produite antérieurement, non au moment où celle-ci est sur le point de s'évanouir, mais à un des instants où elle conserve encore sensiblement son intensité première.

Très simple dans sa conception, cette méthode ingénieuse ne laisse pas que de présenter des difficultés réelles dans l'exécution. Eu égard à la décroissance continue dans sa phase de persistance, de l'intensité de l'impression lumineuse faite sur la rétine, il est à peu près impossible de saisir l'instant précis où l'anneau apparent se ferme entièrement ; de plus, la succession de teintes vives et faibles que l'on observe en chacun des points de l'anneau fatigue l'œil extrêmement et nuit beaucoup, par conséquent, à la précision des résultats. Enfin, une impression lumineuse faite sur la rétine n'atteint sa formation complète qu'au bout d'un certain temps ; il en résulte que la durée de persistance de l'impression, telle qu'elle est donnée par la méthode de l'anneau circulaire, est celle d'une impression incomplète, plus courte très probablement que la durée d'une impression qui a passé par son maximum d'intensité.

Pour atténuer autant que possible l'influence des deux premières difficultés, Plateau observe sur fond noir, et évalue la durée totale de l'impression lumineuse, par la moyenne arithmétique des valeurs trouvées dans un grand nombre d'expériences. Il écarte ensuite presque totalement l'influence de la troisième difficulté en donnant à l'objet observé une largeur considérable. Une bande de papier épais, terminée par des arcs de cercle de 90° d'ouverture et dont le centre commun se trouve sur l'axe de rotation, satisfait évidemment à cette condition. L'impression engen-

drée par le passage, devant la pupille de l'œil, d'une bande circulaire, formée comme il vient d'être dit, est bien près d'être complète.

En faisant usage de bandes de papier de diverses couleurs, Joseph Plateau a trouvé que la durée de l'impression lumineuse est de $0^s,35$ pour le blanc et le jaune ; de $0^s,34$ pour le rouge et de $0^s,32$ pour le bleu.

Dans cette même dissertation, l'habile physicien belge expose ensuite la méthode qu'il a suivie pour apprécier le temps durant lequel l'impression lumineuse faite sur la rétine conserve une intensité sensiblement constante, après que l'objet coloré a disparu. A cet effet, il fait tourner, dans son plan et autour de son centre, devant l'œil de l'observateur, un disque partagé en secteurs alternativement clairs et noirs. Les secteurs de même teinte sont tous égaux entre eux, mais le rapport des largeurs angulaires de deux secteurs consécutifs est quelconque. Pour une rotation suffisamment rapide, l'apparence observée sur toute l'étendue d'un disque à secteurs blancs et noirs est celle d'un gris uniforme ; pour une rotation beaucoup plus lente, au contraire, l'effet produit sur la rétine est celui d'un papillotage. La vitesse de rotation qui caractérise la cessation de l'effet de papillotage et la première apparition de la teinte grise est évidemment celle pour laquelle l'impression lumineuse faite sur la rétine n'éprouve plus de décroissance sensible, durant le passage d'un secteur noir devant l'ouverture de la pupille. Comme cette vitesse peut être déterminée d'une façon très précise, et que l'ouverture angulaire d'un secteur noir est connue, la durée, que Joseph Plateau appelle le temps de constance apparente de l'impression visuelle, est, par cela même, évaluée avec une extrême exactitude. Dans le cas de disques partagés en 24 secteurs égaux, alternativement clairs et noirs, cette durée a été de $0^s,191$ pour le blanc, de $0^s,199$ pour le jaune, de $0^s,232$ pour le rouge et de $0^s,295$ pour le bleu.

Il n'y a pas de différence spécifique entre les sensations du gris et du blanc : le gris n'est qu'un blanc affaibli, dont le noir est l'extrême limite. Par suite, l'impression lumineuse produite par le passage d'un secteur blanc devant l'œil de l'observateur est, dans l'expérience précédente, une impression incomplète ; en effet, la teinte uniforme développée par la rotation, au lieu d'être blanche, est simplement grise. Suivant la loi de Talbot, l'éclat de cette teinte grise doit varier, d'un disque à l'autre, avec l'étendue relative des teintes claires et sombres. En prenant pour unité l'éclat de la teinte blanche que développerait la rotation d'un disque complètement blanc, il a pour valeur le rapport entre la grandeur angulaire d'un secteur blanc et la somme des largeurs d'un secteur blanc et d'un secteur noir.

Dans ses relations avec l'éclat de la teinte grise ainsi estimé, le temps de la constance apparente de l'impression visuelle produite par le disque tournant est soumis aux lois suivantes :

« Si l'on emploie deux disques portant le même nombre de secteurs, mais tels que les secteurs blancs du premier soient égaux en largeur angulaire aux secteurs noirs du second, les temps de constance apparente des deux impressions engendrées sont entre eux en raison inverse des éclats des deux teintes grises. » De plus « les teintes grises sont complémentaires, c'est-à-dire, que leur somme reproduirait l'éclat du blanc. »

Si on construit ensuite « une série de disques portant le même nombre de secteurs, mais tels que la largeur angulaire des secteurs blancs aille en croissant de chaque disque au suivant, depuis une largeur très petite relativement à celle du secteur noir adjacent jusqu'à une largeur qui ne laisse qu'un secteur noir très étroit ; qu'on fasse tourner successivement chacun de ces disques avec la vitesse requise pour la naissance de l'uniformité de teinte ; on aura ainsi une suite graduée de teintes grises, dues à des

impressions incomplètes, mais approchant de plus en plus de se compléter. L'éclat de chacune de ces teintes sera donné par la loi de Talbot, l'éclat du blanc étant pris pour unité ; si donc on détermine le temps de constance apparente de chacune de ces teintes, et qu'on range les valeurs ainsi trouvées en regard des valeurs correspondantes de l'éclat, on pourra figurer par une courbe la marche relative de ces deux éléments. En prenant pour abscisses les valeurs de l'éclat, et pour ordonnées les temps de constance apparente correspondants, on obtient une courbe qui présente un point d'inflexion pour l'éclat $\frac{1}{2}$, paraît converger, pour un éclat nul, vers une asymptote perpendiculaire à l'axe des abscisses, et converge pour l'éclat complet vers une ordonnée nulle.

» Lorsqu'on effectue ces déterminations d'abord à la pleine lumière du jour, puis à une lumière très faible, les deux courbes sont analogues, et la seconde, comme la première, converge vers une ordonnée nulle pour le cas de l'éclat complet.

» Il résulte de là : en premier lieu, qu'une impression complète, qu'elle soit intense ou faible, n'a jamais de temps de constance apparente appréciable, et qu'ainsi ce temps existe uniquement pour les impressions incomplètes ; en second lieu, qu'il est d'autant plus long que l'impression est plus incomplète, c'est-à-dire, plus en deçà de son maximum. »

Ces lois sont certainement très remarquables ; elles ont été démontrées par Joseph Plateau en 1878. Les déterminations expérimentales ont été faites par M. Félix Plateau et par M. Van der Mensbrugghe (1).

Le phénomène des images et des couleurs accidentelles n'a pas été étudié avec moins de soin, par Plateau, que celui de la persistance des impressions de la rétine.

(1) Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e série, t. XLVI. *Sur une loi de la persistance des impressions dans l'œil*, pp. 45, 46 et 47.

Si on fixe les yeux pendant quelque temps sur un objet coloré et qu'on les porte ensuite sur un fond blanc, ou qu'on les ferme entièrement, on voit une image dont la forme est la reproduction exacte de celle de l'objet ; les couleurs seules sont différentes. Cette image porte le nom d'image accidentelle. On l'appelle aussi parfois image négative, pour la distinguer de l'image propre de l'objet, désignée alors sous le titre d'image positive.

On dit communément que la teinte de l'image accidentelle est complémentaire de celle de l'objet. Cet énoncé n'est pas exact. Plateau, en effet, a fait voir, en 1876, que la teinte de l'image accidentelle varie avec les dispositions particulières de l'œil de l'observateur, et qu'elle coïncide rarement avec la teinte complémentaire de la couleur de l'objet (1).

Les résultats de l'étude approfondie que le célèbre physicien a faite du phénomène des images accidentelles sont consignés dans le mémoire présenté à l'Académie royale en 1833. Il y montre d'abord que l'image accidentelle ne succède pas immédiatement à l'image propre de l'objet, mais qu'elle est précédée d'ordinaire par une continuation plus ou moins prolongée de l'image primitive. Sir D. Brewster avait déjà mentionné ce fait : si « nous dirigeons nos regards, dit le physicien anglais, sur une fenêtre située à une certaine distance et que nous portions alors promptement les yeux sur la muraille, nous verrons l'image de la fenêtre distinctement, mais momentanément, avec des carreaux lumineux et des châssis obscurs ; mais après un espace de temps d'une petitesse incalculable, à cette image succédera le spectre de la fenêtre consistant en carreaux noirs et en châssis blancs. » Plateau répéta un grand nombre de fois, dans des circonstances variées, l'expérience de D. Brewster. Lorsqu'il ne faisait que jeter les yeux sur la fenêtre, l'image positive restait visible durant trois

(1) Ibid., t. XXXIX: *Sur les couleurs accidentelles ou subjectives*, p. 4.

secondes environ ; son éclat allait en diminuant d'une manière continue et l'image négative qui la suivait était très faible. Lorsqu'il regardait la fenêtre pendant un temps un peu plus long, l'image positive durait moins ; mais, par contre, l'image négative ou accidentelle était plus prononcée. A mesure que, les yeux fixés sur la fenêtre, il prolongeait le temps de la contemplation, la durée de l'image directe ou positive diminuait, et l'image négative acquérait plus d'éclat. Ce n'est qu'en exagérant beaucoup la durée de la contemplation que Joseph Plateau parvint à produire une image positive à peu près inappréciable, sans pouvoir jamais néanmoins en perdre complètement la trace.

Pour faire cette expérience avec succès et obtenir une image positive persistante d'une grande netteté, il est à peu près indispensable de prendre les précautions suivantes indiquées par Helmholtz (1). Avant et pendant la formation de l'image, « il faut éviter avec soin tout mouvement de l'œil, tout mouvement violent du corps ; car ces mouvements la font toujours disparaître pour un certain temps. Après être resté assis pendant un temps suffisant, avec les yeux fermés et soigneusement recouverts, on les dirige vers l'objet sans les découvrir, puis on s'efforce de les laisser absolument immobiles, tandis qu'on retire rapidement les mains pour les réappliquer aussitôt devant les yeux. Ce mouvement des mains doit être exécuté avec aisance, sans secousse et sans effort, de manière à ne produire aucun soubresaut du corps. Quand on s'est bien exercé à cette manœuvre, on réussit parfois à voir l'image persistante avec tant de netteté et d'éclat, qu'on croirait continuer à voir l'objet véritable, comme si les mains étaient devenues transparentes. On a assez de temps pour reconnaître, sur ces images persistantes, une quantité de détails qu'on n'avait pas eu le temps de remarquer pendant l'observation directe. »

(1) *Optique physiologique*, p. 474.

On voit, par cette expérience dont la portée philosophique n'échappera à personne, que la continuation plus ou moins prolongée de l'image positive de l'objet sur la rétine, avant la formation de l'image accidentelle, est un fait entièrement certain. Joseph Plateau, dont le sens intuitif était très développé, ne concevait même pas qu'il pût en être autrement.

« Si l'on n'admettait pas cette succession entre les deux phénomènes, il s'ensuivrait, contre toute vraisemblance, que la rétine passe subitement et sans intermédiaire, de l'état qui nous donne la sensation primitive, à l'état tout différent qui produit en nous la sensation de l'image accidentelle. »

Le même sens intuitif le portait à assimiler la succession, sur la rétine, de l'image positive persistant pendant quelque temps et de l'image négative au mouvement oscillatoire d'un corps élastique dérangé de sa position d'équilibre.

Dès lors, il devenait peu probable que la succession observée terminât brusquement le phénomène : il était plus naturel de croire que des successions analogues devaient se produire plusieurs fois, à la suite l'une de l'autre, avec une intensité d'éclat rapidement décroissante. Le fait avait déjà été signalé, mais d'une manière incomplète, par le P. Scherffer et par Robert Waring Darwin ; il fut soumis par Plateau à une expérience décisive.

« L'un de mes yeux étant fermé et couvert, dit l'illustre physicien, j'adaptais à l'autre un tube noirci, d'environ 50 centimètres de longueur et 3 de diamètre, et je regardais fixement, pendant une minute au moins, à travers ce tube, un papier rouge bien éclairé et d'une étendue suffisante pour que les bords n'en fussent pas aperçus ; puis, sans découvrir l'œil fermé, j'enlevais subitement le tube, et je regardais le plafond blanc de l'appartement. Alors je voyais d'abord se former une image circulaire verte ; mais bientôt elle était remplacée par une image rouge d'une

faible intensité et d'une très courte durée, après quoi reparaissait l'image verte, à laquelle succédait de nouveau une image rougeâtre, et ainsi de suite, ces images successives allant toujours en s'affaiblissant, et le rouge ayant toujours moins d'intensité et de durée que le vert. »

Plateau put ainsi observer cinq apparitions consécutives de l'image positive rouge suivie de l'image négative verte. Ces apparitions ne se succédaient pas brusquement, mais d'une manière graduelle, par voie de croissance et de décroissance continue. Le phénomène se manifestait encore, mais avec moins de netteté, lorsque l'expérimentateur se contentait de fermer l'œil, sans écarter le tube. Cette expérience intéressante fut renouvelée par Quetelet, à la demande de Joseph Plateau ; les résultats furent exactement les mêmes que ceux que nous venons de faire connaître.

On donne assez généralement, de ces phénomènes remarquables, deux explications différentes. Fechner admet, avec le P. Scherffer et Robert Darwin, que l'œil, ou un autre organe, soumis à une excitation suffisamment prolongée, perd momentanément de sa sensibilité pour les impressions de même nature que celle qui a été engendrée par l'excitation. Cette diminution de la sensibilité constitue un état transitoire de l'organe auquel on a donné le nom de fatigue.

Dans cette hypothèse de la fatigue, la formation de l'image accidentelle s'explique de la manière suivante : « Lorsque, après avoir regardé pendant quelque temps un objet rouge, dit Plateau, on porte les yeux sur un fond blanc, la partie de la rétine qui a reçu l'impression prolongée des rayons rouges, a perdu de sa sensibilité pour les mêmes rayons ; et, comme la lumière blanche réfléchie par la surface peut être considérée comme formée de rouge et de vert, la partie de la rétine qui est devenue moins sensible au rouge, devra être affectée d'une sensation dominante de

vert. » Une décomposition analogue se produit, suivant Fechner, sous l'influence de la lumière propre de la rétine, dans la formation des images accidentelles, au sein d'une obscurité complète.

La lumière propre de la rétine est une excitation permanente de la partie sensible de l'œil, produite et entretenue par l'action de causes internes. Cette illumination persistante de l'écran rétinien n'était pas connue à l'époque où Plateau entreprit ses recherches sur les apparences visuelles. Nous allons entrer à ce sujet dans quelques détails (1).

Lorsque le globe oculaire est plongé dans une obscurité parfaite, le champ visuel continue à être « faiblement et irrégulièrement éclairé ». On y remarque « des taches lumineuses dont l'aspect se modifie perpétuellement; elles ressemblent souvent à des ramifications vasculaires, à des amas de tiges de mousse et de feuilles. » Purkinje les décrit « comme des bandes larges plus ou moins courbées, séparées par des intervalles noirs, qui tantôt se propagent, sous forme de cercles concentriques, vers le centre du champ visuel, pour y disparaître, et tantôt se coupent en ce point, sous forme d'arcs mobiles, ou bien encore tournent en cercle autour de ce centre en formant des rayons curvilignes. Leur mouvement est lent, de sorte qu'une semblable bande met ordinairement huit secondes à parcourir tout son trajet et à disparaître entièrement.» Helmholtz les aperçoit comme « deux systèmes d'ondes circulaires qui s'avancent lentement vers leurs centres, situés des deux côtés du point visuel. » Ces centres paraissent« correspondre aux points d'entrée des deux nerfs optiques dans les yeux. » De plus « le fond du champ visuel, sur lequel se dessinent ces apparitions, ne devient jamais absolument noir; on y voit, au contraire, des alternatives d'obscurcissement et d'éclaircissement qui suivent le même rythme que la respiration.

(1) Ces détails sont tirés de l'*Optique physiologique* de Helmholtz, p. 274.

Fechner suppose que cette lumière propre de la rétine est un phénomène permanent et général, c'est-à-dire qu'elle se produit à tout instant et dans tous les yeux. Partant de cette supposition, il admet que dans la formation des images accidentelles, au sein d'une obscurité complète, « la rétine, fatiguée par la contemplation de l'objet coloré, décompose subjectivement les faibles lueurs » de la lumière propre, « comme elle décompose, suivant la même théorie, la lumière émanée d'une surface blanche sur laquelle on porte les yeux (1). » A l'appui de son interprétation, Fechner apporte le fait de l'auréole relativement claire qui entoure l'image accidentelle, dans les yeux fermés et couverts, lorsque l'objet coloré a été contemplé sur un fond noir. Il explique ce fait en disant « que les portions de la rétine qui environnent l'image, étant reposées par l'aspect du fond noir, ont gagné en sensibilité pour la lumière intérieure (2). »

En 1876, Joseph Plateau avait pris connaissance des phénomènes attribués par les physiciens de l'Allemagne à la lumière propre de la rétine. Dans une note sur les couleurs accidentelles ou subjectives, dont j'ai déjà cité quelques fragments, il oppose à l'interprétation de Fechner, au sujet de la formation des images négatives dans les yeux fermés et couverts, d'une part le défaut de proportion entre la faiblesse de la lumière propre de la rétine et l'éclat des images accidentelles, et d'autre part le caractère exceptionnel que lui semble présenter l'excitation permanente de la rétine dont il est ici question. Sur six personnes soumises par lui à l'expérience, quatre ont déclaré ne pas apercevoir les manifestations de la lumière propre de l'œil. Au reste, comme il le fait très bien remarquer, si l'explication de Fechner était exacte, il s'ensuivrait que les images accidentelles devraient pré-

(1) Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e série. t. XXXI *Sur les couleurs accidentelles ou subjectives*, p. 7.

(2) Ibid., p. 8.

senter, dans leur éclat, l'allure tourmentée et mobile de la lumière propre de la rétine ; il faudrait, de plus, que l'auréole, relativement claire, s'étendît à tout le champ visuel, et que l'éclat de ce fond éclairé ne fût jamais notablement inférieur à l'éclat des images accidentelles qui viennent s'y dessiner. Toutes ces conclusions sont contredites par les faits (1).

Quant à la reproduction plusieurs fois répétée de l'image positive suivie de l'image négative, la théorie de Fechner est absolument impuissante à en rendre raison.

Joseph Plateau a donné, dès 1833, de la formation des images accidentelles et des divers phénomènes qui l'accompagnent, une explication théorique beaucoup plus en harmonie avec les données de l'observation. Eu égard à la complexité de la question et à l'état actuel de nos connaissances, c'est tout ce que l'on peut dire, ce semble, de plus rationnel sur ce sujet.

« Pendant la contemplation d'un objet coloré, la rétine exerce une réaction croissante contre l'action de la lumière qui la frappe, et tend à se constituer dans un état opposé. Conséquemment, après la disparition de l'objet, elle prend spontanément cet état opposé, d'où résulte la sensation de la teinte accidentelle ; puis elle revient au repos en déterminant, dans l'impression, une sorte d'état oscillatoire en vertu duquel cette impression tend à passer alternativement de la teinte accidentelle à la teinte primitive, et *vice versa*. Il en est de l'état physiologique de la rétine après l'action prolongée de la lumière, à peu près comme de l'état d'un corps qui, écarté d'une position d'équilibre stable, puis abandonné à lui-même, revient au repos par une suite d'oscillations décroissantes. »

Suivant la théorie de l'illustre physicien belge, des phénomènes analogues à ceux que nous venons de décrire ont lieu dans l'espace. Nous en parlerons ci-après, à propos de l'irradiation.

(1) Ibid., pp. 8 et 9.

Dans un travail publié, il y a une dizaine d'années, Héring essaie de préciser la nature de la réaction rétinienne admise par Plateau. D'après ce savant, « l'excitation produite par la lumière sur la rétine détermine dans la substance nerveuse de l'organe une altération chimique, qu'il nomme désassimilation ; mais en même temps, la rétine réagit, et exerce un travail de réparation, d'assimilation ; cette assimilation tend à ramener l'organe à l'état de repos, c'est-à-dire, à l'absence de sensation (1). »

Cette interprétation est assez en rapport, croyons-nous, avec les idées actuellement reçues sur le travail nerveux. Quoi qu'il en soit, le principe de la réaction rétinienne, invoqué par Plateau, rend fort bien raison, et de la persistance momentannée de l'image positive, et de l'apparition graduelle subséquente de l'image négative, au sein d'une obscurité complète, et de la reproduction plusieurs fois renouvelée de ces mêmes apparences, avec une intensité d'éclat qui va en s'affaiblissant de plus en plus. Tous les autres phénomènes des images accidentelles s'expliquent avec la même facilité. Pour n'en citer qu'un, si, après avoir contemplé durant quelque temps un objet coloré, on porte les yeux sur un champ d'une autre couleur, voici, dans la théorie de la réaction rétinienne, quelle sera l'impression résultante. Lorsque la teinte du champ est une couleur simple de la série du spectre, n'entrant pas comme élément dans la coloration de l'objet, « alors la rétine développe spontanément une teinte opposée à celle-ci, et cette teinte se mêle avec celle du champ pour constituer l'image accidentelle. » Par exemple, « lorsqu'on projette sur une surface jaune l'image accidentelle verte qui succède à la contemplation d'un objet rouge, on voit une image d'un vert jaunâtre. » Dans ces circonstances, d'après la théorie de Fechner, on ne devrait apercevoir aucune image acciden-

(1) Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e série, t. XXXIX : *Sur les couleurs accidentelles ou subjectives*, p. 22.

telle ; car s'il n'y a, « dans la portion impressionnée de la rétine, qu'une simple diminution de sensibilité pour la lumière rouge, la sensibilité de cette même portion pour la lumière jaune ne devrait pas être altérée. » Quand la coloration du champ est une couleur complexe renfermant, parmi ses teintes élémentaires, celle de l'objet, dans ce cas, « la rétine qui, pendant la contemplation, réagissait contre l'action de la teinte de l'objet et en affaiblissait la sensation, continue la même réaction, de sorte qu'elle ne perçoit avec intensité que l'ensemble des autres teintes élémentaires du champ. » Seulement, puisque les couleurs accidentelles ne sont pas d'ordinaire les complémentaires de celles qui les ont provoquées, il faut admettre que la rétine, en même temps qu'elle réagit contre la couleur qui l'a impressionnée, réagit aussi contre d'autres couleurs de teintes voisines (1). »

Plateau suppose, dans cette dernière interprétation, que la réaction rétinienne se produit déjà durant la contemplation de l'objet, et que son intensité croît avec la durée de la contemplation. S'il en est réellement ainsi, toute contemplation suffisamment prolongée devra être accompagnée d'un affaiblissement progressif dans l'éclat de l'objet. C'est, en effet, ce qui a lieu. Lorsque, après avoir regardé pendant un temps assez considérable un papier coloré, en tenant l'œil constamment fixé sur le même point, on place à côté de ce papier, sans changer la position de l'œil, un second morceau de même couleur, le morceau qui a produit une impression prolongée paraît beaucoup plus sombre que l'autre. « On peut s'assurer, par ce moyen, que l'altération dans la couleur de l'objet est progressive, c'est-à-dire, qu'elle est d'abord très faible, et qu'elle croît avec la durée de la contemplation (2). »

(1) Ibid., pp. 12 et 20.

(2) Nouveaux Mémoires de l'Académie royale des sciences et belles lettres de Belgique, t. VII : *Essai d'une théorie générale, etc.*, p. 31.

Au reste, ce n'est pas seulement dans les phénomènes de l'œil que se manifestent les effets du principe de la réaction ; on les rencontre également dans les impressions du tact. Voici quelques expériences faites par Plateau sur les apparences que le sens du toucher peut manifester dans certaines conditions déterminées : « Après m'être tenu, dit-il, pendant quatre ou cinq minutes, les extrémités de deux doigts posées contre le bord d'une table, de manière à leur donner pendant tout ce temps la sensation d'un objet saillant, je les transportai sur la partie plane de la table, en appuyant un peu, et j'éprouvai alors absolument la même sensation que si la table eût présenté un creux en cet endroit : c'était donc une sensation opposée, et l'illusion était parfaite. Je produisis l'effet contraire, en appuyant le doigt sur une fente, ou mieux sur un trou circulaire de cinq ou six millimètres de diamètre, percé dans une planche, et en transportant ensuite ce même doigt à côté, sur la surface plane qui me parut alors présenter une saillie . Plusieurs personnes ont repété ces mêmes expériences avec le même succès (1) .»

Ces essais d'expérimentation, dans une voie assez peu explorée, montrent tout l'intérêt qu'il y aurait à les poursuivre. Il est vrai que la sensibilité du toucher est loin d'être comparable à celle de l'œil. On peut penser néanmoins que cette insensibilité relative constitue, dans la recherche des lois qui régissent les impressions tactiles, une difficulté, et non une impossibilité absolue.

Le travail le plus remarquable de Joseph Plateau, sur les apparences visuelles, est celui où il traite de l'irradiation. L'irradiation est le phénomène par lequel les objets colorés, vus sur fond obscur, nous apparaissent avec des dimensions amplifiées. Il n'est personne qui n'ait assisté à l'expérience suivante. Deux cercles, qui ont exactement le même diamètre, sont placés sur un même plan, à quel-

(1) Ibid., p. 66,

que distance l'un de l'autre ; le premier est blanc, sur fond noir, le second est noir, sur fond blanc. Dans ces conditions le cercle blanc semble avoir un diamètre notablement plus considérable que le cercle noir. L'illusion subsiste et s'impose, alors même que l'observateur a été averti de la parfaite égalité des deux diamètres. Plateau rend le phénomène plus saisissant encore en plaçant bout à bout, sur un même plan, deux bandes rectangulaires ayant exactement la même largeur : une des bandes est blanche et l'autre noire ; la bande blanche est sur fond noir, et la noire, sur fond blanc. Quand on regarde ce système à la distance de quatre ou cinq mètres, près d'une fenêtre, la bande blanche paraît beaucoup plus large que la bande noire, et la différence de largeur augmente avec la distance de l'observateur à l'appareil.

C'est par un effet d'irradiation que les étoiles et les planètes nous paraissent, le soir, après le coucher du soleil, d'autant plus grandes en diamètre que le crépuscule est plus avancé. L'aspect singulier que présente le disque lunaire, quelques jours avant ou après la nouvelle lune, se rattache au même phénomène. Le croissant, éclairé par le soleil, se sépare nettement de la partie relativement obscure qui n'est illuminée que par la lumière cendrée. On dirait que le croissant appartient à un disque dont le diamètre est plus grand que celui du reste de la surface.

Le phénomène de l'irradiation avait déjà frappé Galilée. C'est l'astronome florentin qui fit remarquer le premier que l'irradiation croît avec l'éclat de l'objet, et aussi, pour des éclats de même intensité, avec l'obscurité du fond sur lequel l'objet se projette. Il fit observer également que l'influence de l'irradiation, dans l'estime de la grandeur réelle des corps, est d'autant plus considérable que le corps est plus petit.

Gassendi mesura par le moyen de l'arbalestrille le diamètre du disque lunaire à ses diverses périodes d'éclat. En pleine nuit, il trouva que le diamètre de l'astre couvrait

un angle de 38′ ; au commencement de l'aurore, cet angle n'était plus que de 36′, 4 ; au lever du soleil, il descendait à 34′, 4, et dans la pleine lumière du jour à 33′.

Toutefois, aucune étude suivie du phénomène de l'irradiation n'avait encore été tentée, lorsque Joseph Plateau commença ses recherches sur ce sujet important ; il y déploya toutes les ressources de son esprit inventif.

La détermination expérimentale qu'il fallait faire avant tout, pour arriver à la connaissance des lois du phénomène, était celle de la grandeur angulaire de l'irradiation. Pour mesurer, avec quelque précision, une grandeur aussi petite, Plateau se servit d'un appareil ingénieux que nous allons décrire.

Sur une plaque rectangulaire de cuivre noirci au noir de fumée, ayant environ un millimètre et demi d'épaisseur, 10 centimètres de hauteur et 8 centimètres de largeur, on a tracé des lignes parallèles aux bords de la plaque, de manière à former à la surface de celle-ci quatre cases rectangulaires égales. Ces cases rectangulaires sont juxtaposées à la façon des cases d'un échiquier : deux à la partie supérieure de la plaque et deux à la partie inférieure.

Deux des cases rectangulaires, opposées par le sommet, ont été enlevées, avec grand soin, à l'emporte-pièce ; de sorte que la plaque est percée à jour, en cet endroit. Pour fixer les idées nous supposerons, par exemple, que l'ouverture rectangulaire supérieure est située à la droite de l'observateur regardant de face la partie noircie de la plaque, et que partant, l'ouverture rectangulaire inférieure est située à sa gauche.

Des deux rectangles pleins qui restent, celui qui est à la partie inférieure de la plaque a été rendu mobile : on peut le déplacer, en le faisant glisser le long de deux coulisses, à l'aide d'une vis micrométrique. Les deux coulisses sont fixées à la plaque ; elles sont parallèles entre elles et leur direction commune coïncide avec celle du bord supérieur

et du bord inférieur de la plaque. Par cette disposition, l'écran mobile s'avance dans l'ouverture inférieure de la plaque, lorsqu'on tourne la vis.

L'appareil étant ainsi constitué, on le place verticalement devant une fenêtre, et on fait en sorte qu'il se projette sur le fond éclairé du ciel. Alors l'irradiation de l'ouverture rectangulaire qui a été pratiquée dans la partie supérieure de la plaque, déplace vers la gauche de l'observateur le bord vertical de l'écran fixe adjacent ; en même temps, l'irradiation de l'ouverture inférieure déplace en sens contraire, c'est-à-dire, vers la droite de l'observateur, le bord vertical de l'écran mobile. Lorsque les deux bords ainsi déplacés, dans le phénomène de l'irradiation, ont été amenés, par le jeu de la vis micrométrique, l'un au-dessus de l'autre, sur une même verticale, il suffit de mesurer l'écartement de ces deux bords dans l'espace, pour apprécier, avec une grande exactitude, la valeur de l'irradiation observée. Il est évident, en effet, qu'en divisant la moitié de l'écartement par la distance de l'œil de l'observateur à l'appareil, on obtiendra la grandeur angulaire de l'irradiation.

Afin de donner plus de netteté au phénomène, les bords des écrans doivent être taillés en biseau ; de plus, une graduation préalable de la tête de la vis doit permettre d'évaluer aisément l'écartement des bords; enfin, comme l'irradiation croît, pendant quelque temps du moins, avec la durée de la contemplation, il faut prolonger celle-ci suffisamment pour que, à chaque observation, le phénomène atteigne son maximum.

Dans les expériences faites par Joseph Plateau, quatre observateurs contemplaient successivement. L'habile physicien parvint ainsi à établir les lois qui régissent le phénomène de l'irradiation. Ces lois sont très remarquables. Les voici, dans le cas où l'objet contemplé conserve le même éclat.

« L'irradiation se manifeste à toute distance de l'objet

qui la produit, depuis la plus courte distance de vision distincte jusqu'à un éloignement quelconque.

» L'angle visuel que l'irradiation soutend et qui la mesure, est indépendant de la distance de l'objet.

» L'irradiation augmente avec la durée de la contemplation de l'objet.

» Chez le même individu et pour un objet d'un même éclat, l'irradiation varie considérablement d'un jour à l'autre.

» L'irradiation moyenne, développée par un même éclat, est très différente d'un individu à l'autre. »

De la deuxième de ces lois découle, comme corollaire nécessaire, cet autre principe: « La largeur absolue que nous attribuons à l'irradiation, est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la distance qui existe ou qui nous paraît exister entre l'objet et nous. »

Quant à la valeur numérique de la grandeur angulaire de l'irradiation, celle produite par l'éclat d'un ciel serein, observé au nord, entre 10 heures du matin et 2 heures de l'après-midi, un des jours du mois de janvier, était, le premier jour, de 1′ 17″, pour le premier observateur ; de 0′ 57″, pour le second ; de 0′ 48″, pour le troisième ; de 0′ 27″, pour le quatrième. Le second jour elle était, dans les mêmes circonstances, de 1′ 8″, pour le premier observateur ; de 0′ 52″, pour le second ; de 0′ 46″, pour le troisième ; de 0′ 25″, pour le quatrième.

L'éclat de l'objet peut avoir une influence considérable sur la grandeur de l'irradiation. La recherche de cette influence se présentait tout naturellement comme un nouveau sujet d'étude, à la suite de recherches précédentes.

Ainsi que nous l'avons dit, Galilée avait déjà remarqué que l'irradiation croît avec l'éclat de l'objet. D'autre part, les faits ne permettent pas d'admettre que la grandeur de l'irradiation croît, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnellement à l'éclat de l'objet. Car, dans cette supposition, le disque solaire, dont l'éclat, suivant la plus

faible évaluation, est cent mille fois plus grand que celui de la lune, devrait nous apparaître avec des dimensions incomparablement plus grandes que celles du disque lunaire.

Il était dès lors du plus haut intérêt de rechercher, par des mesures exactes, la loi suivant laquelle la grandeur angulaire de l'irradiation croît, pour des accroissements déterminés de l'éclat de l'objet.

Plateau résolut ce problème, de la façon la plus satisfaisante, à l'aide de l'appareil à vis micrométrique que nous venons de faire connaître. Il interposa, entre l'appareil et le fond éclairé du ciel, des disques de papier épais, de 25 centimètres de diamètre, peints en noir, et dans chacun desquels il avait pratiqué douze ouvertures en forme de secteurs. Ces ouvertures étaient égales entre elles et disposées régulièrement autour du centre. Dans un des disques, la largeur angulaire des ouvertures était égale à celle des secteurs pleins ; dans les disques suivants, les ouvertures n'avaient respectivement que la moitié, le quart et le huitième de la largueur des ouvertures du premier. Les disques étaient mis en mouvement uniforme par un mécanisme d'horlogerie.

Avec ces dispositions, l'interposition des disques entre le ciel éclairé et l'appareil à vis micrométrique réduisait l'éclat de l'objet, dans les proportions $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$. Cette réduction de l'intensité lumineuse est une conséquence immédiate de la loi photométrique de Talbot. En prenant pour unité d'intensité lumineuse, l'éclat d'un ciel pur de janvier, au nord, entre 10 heures du matin et 2 heures du soir, les mesures exécutées par Joseph Plateau conduisent aux résultats numériqnes suivants. Il est bon de remarquer toutefois que ces résultats ne constituent pas des données absolues, mais qu'ils sont relatifs à l'observateur soumis à l'expérience.

Pour l'éclat 1, la grandeur angulaire de l'irradiation fut de 56″,0 ; pour l'éclat $\frac{1}{2}$, elle conserva très sensible-

ment cette même valeur ; pour l'éclat $\frac{1}{4}$, elle n'était plus que de 55″,7 ; pour l'éclat $\frac{1}{8}$, de 47″,6 et pour l'éclat $\frac{1}{16}$, de 40″,9.

On voit, par ces données numériques, que l'éclat passant de 0 à $\frac{1}{16}$, l'irradiation s'élève de 0 à 40″,9 ; lorsque l'éclat passe de $\frac{1}{16}$ à $\frac{1}{8}$, l'irradiation croît seulement de 6″,7 ; la croissance de l'irradiation n'est plus que de 0″,3, lorque l'éclat passe de la valeur $\frac{1}{4}$ à la valeur $\frac{1}{2}$; enfin, on n'observe plus de croissance sensible lorsque l'éclat passe de la valeur $\frac{1}{2}$ à la valeur 1.

Joseph Plateau a renfermé tous ces résultats dans un énoncé géométrique. Cet énoncé est l'expression la plus complète qui ait encore été donnée de l'influence de la lumière objective sur la grandeur de l'irradiation. En voici la teneur : « L'irradiation croît avec l'éclat de l'objet, mais suivant une loi beaucoup moins rapide. Si l'on figure cette loi par une courbe ayant pour abscisses les valeurs successives de l'éclat à partir de 0, et pour ordonnées les valeurs correspondantes de l'irradiation, cette courbe passe par l'origine des coordonnées, tourne sa concavité vers l'axe des abscisses, et présente une asymptote parallèle à cet axe. La courbe est déjà très voisine de son asymptote pour un éclat de l'ordre de celui du ciel au nord. »

L'éclat du champ a aussi une part d'influence dans la grandeur angulaire de l'irradiation. Des mesures analogues à celles qui ont permis de déterminer la manière dont l'irradiation varie avec l'éclat de l'objet conduiraient nécessairement à la loi de ce nouveau phénomène. Il est regrettable que Plateau n'ait pas poussé ses recherches jusque-là. Tout ce que nous connaissons à ce sujet, peut s'exprimer comme suit : « Lorsque le champ qui environne l'objet n'est pas complètement noir, l'irradiation développée le long du contour de cet objet est diminuée, et cela d'autant plus que l'éclat du champ approche davan-

tage d'être égal à celui de l'objet. Si cette égalité a lieu, l'irradiation s'évanouit. »

A cet énoncé, Plateau ajoute un corollaire : « Lorsque deux objets d'un éclat égal se touchent, l'irradiation est nulle pour chacun d'eux au point ou à la ligne de contact. »

Tels sont, à ne considérer que les points essentiels, les résultats des recherches de Plateau sur l'irradiation oculaire.

A l'époque où le physicien belge commença la publication de ses travaux, les astronomes étaient fort partagés au sujet de l'irradiation dans la vision à l'aide des lunettes astronomiques ou vision armée. Avec des instruments perfectionnés, dans lesquels les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité étaient à peu près insensibles, Robinson constatait, à l'observatoire d'Armagh, les effets de l'irradiation dans la mesure des diamètres angulaires. Bessel, au contraire, ne trouvait aucun effet d'irradiation lorsqu'il se servait de l'héliomètre de l'observatoire de Königsberg. Les autres astronomes obtenaient de même des résultats, tantôt favorables au phénomène, tantôt défavorables, suivant la nature de l'instrument qu'ils avaient entre les mains.

Joseph Plateau donna la raison de ces faits en apparence contradictoires. Il fit remarquer d'abord que le grossissement de la lunette n'ayant aucune influence sur la grandeur de l'irradiation, l'erreur apportée par ce phénomène dans la mesure du diamètre des planètes doit être, par cela même, inversement proportionnelle au grossissement. De plus, puisque la grandeur de l'irradiation est dépendante des conditions de l'œil, l'erreur qu'elle introduit dans les mesures forme un des éléments de l'équation personnelle de l'observateur. Ces deux remarques rendent déjà suffisamment raison des divergences signalées par les astronomes dans la mesure des diamètres angulaires, à l'aide des lunettes. Mais Plateau alla plus loin ; il fit

voir qu'un oculaire convenablement choisi pouvait faire disparaître à peu près totalement l'effet de l'irradiation dans les lunettes astronomiques. Cette particularité des recherches de l'illustre physicien est fort importante ; nous allons nous y arrêter un instant.

Pour apprécier l'influence des lentilles oculaires dans le phénomène de l'irradiation, Joseph Plateau se servit de son appareil à vis micrométrique, en y introduisant toutefois certaines modifications. Les deux écrans rectangulaires de cuivre noirci furent remplacés par des lames d'acier poli. Chaque lame avait sa surface antérieure dans le plan de la surface de la plaque de cuivre, et, comme dans l'appareil primitif, une des lames était fixe et l'autre était mobile. Ces deux lames, parfaitement travaillées, avaient leurs bords libres taillés en biseau par derrière, et lorsqu'on faisait glisser, à l'aide de la vis micrométrique, la lame mobile, de manière à l'amener sous la lame fixe, les bords taillés en biseau étaient en contact par les extrémités sans pouvoir cependant exercer, l'un contre l'autre, aucun frottement capable de les altérer.

« Pour faire les expériences, dit Plateau, on place l'instrument vis-à-vis d'une fenêtre, en donnant d'abord à la plaque une inclinaison telle, qu'on voie le ciel par réflexion sur les lames polies, et en disposant les choses de manière que les ouvertures se projettent sur un espace bien noir. Alors on regarde ces lames à l'aide d'une forte loupe tenue près de l'œil, et l'on fait mouvoir la vis dans l'un ou l'autre sens, jusqu'à ce que les deux bords » taillés en biseau « paraissent exactement dans le prolongement l'un de l'autre. Cette condition étant remplie, on amène la plaque dans une situation verticale, et on la place devant un miroir incliné » réfléchissant la lumière du ciel; « puis, sans toucher à la vis, on regarde de nouveau les lames avec la loupe. Or quoique, dans cette seconde disposition de l'appareil, les circonstances soient devenues inverses, puisque ce sont alors les ouvertures qui paraissent

brillantes et les lames obscures, néanmoins rien ne semble changé dans la situation respective apparente des deux bords libres » des lames d'acier, qui continuent à se montrer dans le prolongement l'un de l'autre.

Cette expérience est des plus intéressantes. En effet, dans la première partie de l'opération, lorsqu'on regarde par réflexion les petites lames, celles-ci paraissent brillantes ; si une irradiation appréciable se développait dans cette circonstance le long des bords des lames, il faudrait évidemment, pour faire apparaître ceux-ci dans le prolongement l'un de l'autre, écarter les lames d'une quantité égale à la somme de leurs deux irradiations. Dans la seconde partie de l'opération, lorsqu'on regarde l'appareil projeté sur le ciel, ce sont les ouvertures qui, par un renversement de phénomènes, paraissent brillantes ; l'irradiation produite dans ce cas le long des mêmes bords devrait, si elle existait, en ajoutant son influence à l'écartement réel des lames, faire apparaître celles-ci à une distance considérable l'une de l'autre. De fait, c'est ce qui a lieu, quand on répète l'expérience en observant à l'œil nu. Dans cette dernière circonstance l'appareil étant placé verticalement devant le miroir incliné, les deux bords des lames se montrent fort écartés.

En se servant de loupes de distances focales différentes, Joseph Plateau remarqua que l'absence d'irradiation, dont il vient d'être question, ne se produit qu'avec des loupes ayant une distance focale de peu d'étendue ; dès que celle-ci atteint une valeur de 16 centimètres, l'irradiation commence à se faire sentir. Il constata, en outre, qu'en interposant, entre l'œil et l'appareil, une lame de verre à faces parallèles, la grandeur de l'irradiation est la même qu'à l'œil nu, et que si on remplace la lame à faces parallèles par une lentille divergente, la grandeur de l'irradiation est accrue.

Des observations aussi nettes et aussi précises coupent court à toute discussion ; l'existence de l'irradiation, dans

la vision armée, ne peut pas être révoquée en doute. Seulement il ressort de ces mêmes observations que la grandeur de l'irradiation, dans les lunettes, est considérablement modifiée par la lentille oculaire. Cette grandeur est diminuée par l'emploi des lentilles convergentes. L'effet est notable, lorsque la distance focale est courte ; il s'affaiblit à mesure que cette distance augmente ; il devient nul quand celle-ci est infinie, et change de signe avec elle, c'est-à-dire que l'irradiation s'accroît sous l'influence des lentilles divergentes.

De là, des règles pratiques, pour la construction des lunettes, qu'il est inutile de mentionner ; elles s'imposent par leur évidence.

L'interprétation théorique de l'influence des lentilles dans le phénomène de l'irradiation échappa d'abord à l'esprit sagace de Joseph Plateau. Dans le mémoire de 1838, il avoue ingénument son impuissance à rendre raison du phénomène. Ce n'est que plus tard qu'il parvint à en trouver l'explication. D'après lui, l'observateur qui, après avoir armé son œil d'une lentille convergente, observe de près un objet irradiant, ne rapporte pas l'image virtuelle de cet objet à la distance de vision distincte, mais à une distance beaucoup plus petite. Comme la grandeur angulaire de l'irradiation est une quantité constante, indépendante de la position donnée à l'œil, « il s'ensuit que la largeur absolue qu'on attribue à l'irradiation est proportionnelle à la distance à laquelle on rapporte l'objet irradiant. Si donc, en regardant de près, à travers une lentille convexe d'un court foyer, on rapporte l'objet à une distance très petite, on doit juger aussi l'irradiation très petite, et elle peut ainsi échapper à l'observation. »

Le principe qui sert de base à ce raisonnement peut être soumis à l'épreuve expérimentale. En effet, la conclusion que Joseph Plateau en tire est certaine, lorsqu'il s'agit du phénomène des images accidentelles : « Si donc, avant de regarder de près un petit objet à travers la lentille, on a

fait en sorte d'avoir dans l'œil l'image accidentelle d'un objet coloré de dimensions connues contemplé à une distance connue, la grandeur sous laquelle on verra cette image en même temps que le petit objet, fera connaître, au moins approximativement, la distance à laquelle on rapporte ce dernier. » Cette expérience a été exécutée par Plateau ; voici dans quelles conditions.

« Une lentille convergente, d'environ 5 centimètres de distance focale, ayant été placée, dit Joseph Plateau, devant un journal, à une distance telle qu'en approchant l'œil on pût voir les caractères grossis et parfaitement nets, mon gendre a contemplé pendant 30 s, à la distance de 24 centimètres, un carré bleu de 4 centimètres de côté posé sur un fond blanc ; puis ayant porté immédiatement l'œil à la lentille, l'image accidentelle lui a paru n'avoir qu'un centimètre de côté ; il rapportait donc l'image virtuelle des caractères d'impression à une distance quatre fois moindre que celle du carré bleu contemplé, c'est-à-dire, à une distance de 6 centimètres. Mon fils a répété la même expérience en contemplant, pendant 30 s aussi, le carré bleu à la distance de 40 centimètres, et, à la lentille, l'image accidentelle n'avait également, pour lui, qu'un centimètre de côté; il rapportait conséquemment l'image virtuelle à une distance d'environ 10 centimètres. »

De cette expérience, Plateau tire la conclusion suivante : En admettant, que les deux observateurs eussent une grandeur angulaire d'irradiation égale à 1′ 17″, ce qui est la valeur maximum des évaluations numériques obtenues sur diverses personnes, il faut aussi admettre que, dans l'expérience des lames d'acier, l'irradiation eût été, pour ces observateurs, de 2′ 34″. Puis il ajoute : la largeur absolue d'une irradiation de cette valeur, à la distance de 6 centimètres, n'est que de $\frac{1}{22}$ de millimètre ; à la distance de 10 centimètres, elle ne dépasse pas $\frac{1}{13}$ de millimètre. Des bandes d'irradiation aussi peu étendues peuvent fort bien échapper à l'observation.

Plateau termine son exposé par cette remarque, qui fait mieux comprendre encore son interprétation de l'influence des lentilles dans le phénomène de l'irradiation : « Ce n'est donc pas l'œil qui s'accommode à une distance plus courte, car les distances de 6 et de 10 centimètres sont beaucoup plus petites que les plus petites distances de vision distincte de mon gendre et de mon fils ; c'est l'esprit qui rapporte l'image à une distance moindre, probablement parce que l'observateur sait que l'objet est très rapproché de son œil ; l'illusion est du genre de celle qui nous fait paraître le soleil et la lune plus petits au haut du ciel qu'à l'horizon (1). »

Je passe à un autre point intéressant des recherches de Joseph Plateau sur le phénomène de l'irradiation dans la vision armée. Il résulte des observations d'Arago, de Robinson et de Bessel que l'on n'aperçoit jamais de trace sensible d'irradiation dans la mesure des diamètres par les micromètres à double image. Ce fait singulier fut, pour Joseph Plateau, l'occasion d'une nouvelle recherche. Il s'agissait, en effet, d'apprécier l'influence que peuvent avoir, l'une sur l'autre, deux irradiations en regard et suffisamment rapprochées.

Pour soumettre la question à l'étude expérimentale, Plateau divisa un carton blanc de forme rectangulaire, en quatre parties égales. Puis noircissant la partie rectangulaire inférieure, située à la droite de l'observateur, il prolongea, vers le haut, avec toute l'exactitude possible, à l'aide d'un tire-ligne imbibé d'encre noire, la droite qui termine cette partie, à gauche. Le petit rectangle formé par le tire-ligne avait environ $\frac{1}{2}$ millimètre d'épaisseur. De cette façon, les limites de gauche du petit rectangle et de la partie noircie du carton étaient situées, l'une au-dessus de l'autre, sur une même droite. En plaçant le carton près

(1) Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e série t. XLII : *Sur les couleurs accidentelles ou subjectives*, pp. 25 et suiv.

d'une fenêtre et en s'éloignant de quelques mètres, Plateau remarqua que la continuité des deux limites, échelonnées bout à bout, sur une même droite, n'avait plus lieu. Le côté qui terminait à gauche le grand rectangle noir semblait s'être déplacé ; il paraissait avoir reculé vers la droite, d'une quantité très sensible, en laissant la petite bande noire faire saillie vers la gauche.

Cette expérience montrait évidemment que la partie blanche du carton, située à la gauche de l'observateur, n'empiétait pas également, par son irradiation, sur le grand rectangle noir et sur la petite bande : l'effet était beaucoup moins prononcé sur cette dernière. Joseph Plateau crut ne pouvoir attribuer cette différence qu'à l'influence de l'irradiation de la partie blanche du carton qui se trouvait placée à la droite de la petite bande : en effet, il est évident que le phénomène doit cesser entièrement lorsqu'on noircit cette partie.

Après avoir varié cette expérience de diverses façons et obtenu constamment le même résultat, Plateau formula en principe la proposition suivante : « Deux irradiations en regard et suffisamment rapprochées, éprouvent l'une et l'autre une diminution. Cette diminution est d'autant plus considérable que les bords des espaces lumineux d'où émanent les deux irradiations sont plus voisins.

» C'est à cette espèce de neutralisation de deux irradiations voisines que nous sommes redevables de pouvoir distinguer, même à la clarté du soleil, les traits les plus fins de l'écriture la plus déliée, d'apercevoir un cheveu, même un fil de cocon, projeté sur le ciel, etc. : car l'irradiation, même à la distance de vision distincte, serait beaucoup plus que suffisante pour effacer complètement ces objets si minces, si les empiètements qui tendent à se produire des deux côtés n'éprouvaient une diminution considérable. »

Le principe énoncé par Plateau explique très naturellement le fait observé par Arago, Robinson et Bessel dans les micromètres à double image. « Car, à mesure que l'on rap-

proche les deux images circulaires de l'objet lumineux, les irradiations oculaires de chacune d'entre elles éprouvent une diminution de plus en plus grande aux environs des deux points qui doivent arriver en contact, » et lorsque le contact a lieu « on peut croire que les deux irradiations sont totalement détruites en cet endroit. »

Le génie, si grand qu'il soit, ne donne pas l'infaillibilité. Comme tous les hommes illustres qui ont laisssé après eux une trace ineffaçable et féconde dans le champ de la science, Plateau a eu ses vues défectueuses. Aucun savant sérieux ne le lui reprochera.

Il n'est personne qui n'ait entendu parler, durant ces dernières années, à l'occasion des passages de Vénus sur le disque solaire, du phénomène de la goutte ou du ligament noir. Le premier contact, entre le disque de la planète et le disque du soleil, que l'observateur puisse apprécier avec quelque précision, dans le phénomène des passages, est le contact intérieur, à l'entrée. Le disque de la planète a déjà entamé, je le suppose, le disque du soleil ; il s'agit de déterminer « l'instant où la continuité du bord solaire se rétablit par la fermeture de l'anneau lumineux qui termine l'échancrure faite par Vénus. » Les observateurs du passage de 1769, et spécialement le P. Hell, « remarquèrent que lorsque le bord de la planète était devenu tangent à la courbe générale du bord solaire, le cercle de lumière ne se fermait pas encore, mais que la planète avançait en laissant après elle une espèce de goutte noire attachée par un petit col au bord du soleil. Après avoir atteint une certaine longueur, cette goutte se brisait tout à coup, et alors se produisait une sorte d'éclair qui réunissait instantanément les deux bords de l'ouverture (1) »

Plateau ne doutait pas, en 1838, que le phénomène de la goutte noire ne fût une conséquence de l'irradiation.

(1) Secchi, *Le Soleil*, t. II, pp. 364 et 365.

Dans le passage de Vénus et de Mercure sur le disque solaire, « l'irradiation, dit-il, soit qu'elle provienne de l'œil ou de l'instrument, ou de tous les deux à la fois, doit, d'une part, augmenter d'une certaine quantité le diamètre du soleil et, de l'autre, diminuer celui de la planète. » Cependant, ajoute-t-il, à propos du contact intérieur de sortie, au moment où la planète, « après avoir traversé le disque du soleil, s'approche de son contour pour en sortir, et où le contact réel entre le bord des deux astres s'établit, les effets de l'irradiation doivent disparaître subitement au point qui correspond à ce contact : car ce point cesse alors d'envoyer de la lumière à l'observateur. Or, en cet instant, les bords apparents des deux astres sont encore évidemment distants d'une quantité égale à la somme des épaisseurs des deux anneaux lumineux dont l'un est extérieur au disque réel du soleil, et l'autre intérieur à celui de la planète. Il résulte de là que, si l'irradiation se manifeste dans cette circonstance d'une manière sensible, la personne qui observe les approches du second contact intérieur devra voir le filet lumineux qui sépare les bords apparents des deux astres se rompre instantanément, lorsqu'il a encore une certaine épaisseur, comme si une protubérance se formait tout à coup sur le bord de la planète, et cachait une petite partie de celui du soleil. Il est évident, en outre, que des apparences analogues doivent se montrer mais dans un ordre inverse, à l'entrée de la planète, lors du premier contact intérieur : c'est-à-dire que la planète doit d'abord présenter derrière elle une petite protubérance qui s'évanouit subitement, immédiatement après le contact réel, pour faire place à un filet lumineux continu d'une épaisseur notable. Ces apparences ont été en effet observées par les astronomes du siècle dernier, dans les passages de Vénus. »

Plusieurs savants partageaient les vues de Plateau ; comme lui, ils estimaient que l'instant du contact réel, à l'intérieur du disque solaire, coïncidait d'une manière pré-

cise avec celui de la disparition du ligament noir lors de l'entrée, et avec celui de la formation du même ligament, à la sortie. Cette manière d'estimer le temps du passage n'était pas cependant rigoureusement exacte. En effet, tous les points du contour du disque solaire développent circulairement leur pouvoir d'irradiation : au contact intérieur, lors de la sortie de la planète, « on percevra donc de la lumière entre le disque apparent de la planète et le bord apparent du soleil, jusqu'au moment où la corde commune du disque réel deviendra égale au double du rayon de l'irradiation. C'est à partir de cet instant seulement que le ligament doit apparaître, d'où il suit que, dans l'hypothèse de l'irradiation, l'apparition du ligament noir ne marque pas rigoureusement l'instant du contact réel, mais lui est postérieure (1). » Un phénomène semblable se passe, mais en sens inverse, au contact intérieur, à l'entrée de la planète sur le disque solaire ; l'apparition du ligament noir cesse avant l'instant du contact réel.

Au reste, et c'est là le point sur lequel je voulais insister, il est certain maintenant que l'apparition de la goutte noire, dans le phénomène des passages, n'est pas due à l'influence de l'irradiation. MM. Wolf et André sont parvenus à reproduire par projection sur un écran toutes les particularités du ligament noir (2). Cette apparence singulière est très sûrement un phénomène de diffraction : M. André en a donné la théorie, dans une thèse publiée en 1876. L'auteur y montre que la grandeur angulaire de la goutte est inversement proportionnelle au diamètre de l'objectif de la lunette ; quand ce diamètre atteint cinq ou six pouces en étendue, le ligament noir disparaît sensiblement. On peut même le faire disparaître complètement, « soit en augmentant suffisamment le pouvoir absorbant du verre noir qui sert à l'observation, soit en plaçant en

(1) *Recueil de mémoires et documents relatifs à l'observation du passage de Vénus sur le Soleil.* Mémoire de C. Wolf et C. André, p. 129.

(2) *Ibidem*, p, 131.

avant de l'objectif un écran particulier, formé d'un grand nombre d'anneaux très étroits, séparés les uns des autres par des anneaux obscurs de même largeur (1). »

Joseph Plateau avait l'esprit éminemment généralisateur. Cette qualité se manifeste surtout dans ses interprétations théoriques. Pour lui, l'irradiation oculaire et les images accidentelles sont deux phénomènes parfaitement connexes : le premier est dans l'espace ce que le second est dans le temps. « Lorsque la rétine, après avoir été excitée pendant un certain temps par la lumière émanée d'un objet, est subitement soustraite à cette action, l'impression persiste encore pendant quelques instants. » De même, pendant que la rétine est soumise à l'action de la lumière émanée d'un objet, » l'impression s'étend « jusqu'à une petite distance autour de l'image de cet objet. » Les deux phénomènes sont le résultat « d'une simple loi de continuité, en vertu de laquelle, lorsqu'une portion de l'organe est écartée de son état normal, l'état dynamique qui en résulte ne peut ni s'anéantir instantanément, ni demeurer immédiatement contigu à un état de repos parfait. »

Les phénomènes observés sont dans un accord remarquable avec les conséquences qui découlent de cette interprétation. « Pendant la contemplation de l'objet coloré, on trouve d'abord, tout le long du contour de l'image de cet objet, une bande étroite de même couleur que celui-ci, et qui en augmente les dimensions apparentes, c'est l'irradiation ; puis, au delà de cette bande, on observe en général une zone de la teinte opposée, zone au delà de laquelle, dans certaines circonstances, peut se montrer une nuance de la couleur même de l'objet. » Comme le lecteur le voit par cet énoncé, « les phénomènes selon l'espace sont, pour ainsi dire, la traduction des phénomènes selon le temps (2). »

(1) *Journal de physique théorique et appliquée*, t. VI, p. 89.

(2) BULLETIN DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE, 2e série, t. XLII : *Sur les couleurs accidentelles ou subjectives*, p. 8.

De plus, dans les phénomènes selon l'espace, la rétine est semblable à une surface vibrante : les parties séparées par les lignes nodales s'y constituent dans des états opposés.

Nous avons déjà démontré l'existence à la surface de la rétine d'une bande étroite, de même couleur que l'objet, entourant de toutes parts l'image formée par la réfraction du globe oculaire ; il nous reste à indiquer les faits qui montrent que cette bande est entourée à son tour d'une zone de teinte opposée, et celle-ci, d'une deuxième zone, dont la nuance est la même que celle de l'objet.

Plateau cite d'abord l'expérience de Rumford relative aux ombres colorées : sur un papier blanc éclairé avec de la lumière verte, un petit corps interposé entre la lumière et le papier produit sur ce dernier une ombre rouge. Plus généralement, « lorsqu'une ombre est produite par une lumière colorée, cette ombre se teint de la couleur complémentaire. » Il rapporte ensuite cette observation de Meusnier : « Lorsque l'intérieur d'un appartement n'est éclairé que par la lumière du soleil transmise au travers d'un rideau d'étoffe colorée, et que ce rideau est percé d'un trou de quelques millimètres de diamètre, par lequel la lumière directe peut s'introduire, si l'on reçoit ce faisceau de lumière sur un papier blanc, la partie du papier éclairée par la lumière blanche du soleil, paraît vivement colorée d'une teinte complémentaire de celle du rideau. »

Plateau attribue ces colorations de l'ombre et de la partie du papier qui reçoit les rayons blancs du soleil, à l'influence de la plage éclairée environnante : la zone de teinte complémentaire que cette plage détermine à la surface de la rétine, en se projetant sur l'image de l'ombre ou sur celle de la partie blanche du papier, donne naissance au phénomène observé.

Il s'appuie également sur les expériences de M. Chevreul relatives à l'influence réciproque des couleurs juxtaposées. On sait que l'illustre physicien français a établi,

par un procédé d'expérience aussi simple qu'ingénieux, ce principe important dans l'art de la peinture : « Deux couleurs juxtaposées réagissent mutuellement l'une sur l'autre, de telle manière qu'à chacune d'elles s'ajoute la complémentaire de l'autre. » Pour le démontrer, M. Chevreul « colle l'une contre l'autre, sur une carte, deux bandes de papier ou d'étoffe teintes des deux couleurs que l'on veut soumettre à l'observation : l'une est, par exemple, rouge et l'autre jaune ; ces bandes ont douze millimètres de largeur et six centimètres de longueur. » Puis il « colle parallèlement à l'une de ces bandes, et à la distance d'un millimètre, une seconde bande qui lui soit identique en dimensions et en couleurs et qui est destinée à servir de terme de comparaison ; » il « fait la même opération relativement à la bande peinte de l'autre couleur, et l'on a ainsi quatre bandes colorées, deux d'une couleur et deux de l'autre ; les deux intérieures se touchent, et c'est sur elles que l'on observe l'action mutuelle des deux couleurs. Il suffit pour cela de regarder la carte dans un certain sens et pendant quelques secondes. L'effet réciproque des deux couleurs contiguës, qui échapperait dans les circonstances ordinaires, devient ainsi presque toujours sensible, à l'aide des deux bandes extrêmes qui servent de terme de comparaison. Ainsi, dans l'exemple que nous avons choisi de bandes rouges et jaunes, on remarquera que la bande rouge intérieure tirera sur le violet, et que la bande jaune qui lui est contiguë tirera sur le vert.

» Si les deux couleurs employées sont complémentaires l'une de l'autre, comme le rouge et le vert, elles s'avivent par leur juxtaposition, et acquièrent un éclat et une pureté des plus remarquables.

» Les modifications mutuelles des couleurs ne sont pas bornées au cas où les objets colorés qui se modifient sont contigus l'un à l'autre : on peut encore les rendre sensibles même lorsque ces objets sont séparés de cinq centimètres.

Seulement l'intensité de l'effet est d'autant moindre que la distance est plus grande (1). »

D'après Joseph Plateau, ces effets réciproques sont dus à l'influence de la zone de teinte complémentaire que chaque bande développe, dans l'impression rétinienne, sur celle qui lui est contiguë.

La réalité physiologique de ces effets ne paraît pas contestable.

Voici des apparences signalées par Plateau qu'il faut rattacher plutôt, ce me semble, à des erreurs de jugement.

« Si l'on juxtapose une couleur quelconque avec le blanc, ce dernier se teint légèrement de la couleur complémentaire, et la couleur employée devient plus brillante et plus foncée ; si l'on juxtapose une couleur quelconque avec le noir, celui-ci prend également, d'une manière plus ou moins prononcée, la teinte complémentaire de la couleur employée, et cette dernière paraît en général plus brillante et plus claire ; le blanc et le noir éprouvent aussi, par leur juxtaposition, une modification réciproque : le premier devient plus éclatant et le second plus foncé (2). »

Quant à la zone de même teinte que l'objet, contiguë sur la rétine à la zone de teinte complémentaire, Plateau a constaté son influence, dans une expérience fort facile à reproduire.

On place entre une fenêtre et l'œil un morceau de papier coloré, possédant une certaine transparence, et on applique sur ce papier une bande de carton blanc de dix ou douze millimètres de largeur. En inclinant le papier un peu en avant, et en tenant verticalement la petite bande à une certaine distance du papier, on voit l'intérieur de la surface du carton teint de la couleur du papier, en même temps que les bords sont nuancés de la couleur complé-

(1) Note de Joseph Plateau sur les couleurs accidentelles, insérée dans la traduction française du *Traité de la lumière*, par J. Herschel, t.II., pp. 496, 497, 498 et 499.

(2) *Ibid.* p. 499.

mentaire. « Pour produire le maximum d'effet, il faut employer un papier rouge, orangé ou jaune. » De plus, il faut avoir soin que la distance de la bande au papier « soit assez grande pour que la partie supérieure du papier ne puisse réfléchir sa couleur sur la petite bande: autrement, ajoute Plateau, on pourrait attribuer l'effet à cette dernière cause (1). »

Ce serait néanmoins une erreur, de croire que tous les savants se sont ralliés, au sujet de l'irradiation, à l'interprétation théorique proposée par l'illustre physicien belge. Dans un phénomène organique, où la nature et le jeu des causes se trouvent entourés de tant d'obscurité, les divergences de vues sont inévitables. Arago, Fechner, Fliedner, Cramer, Burckhardt, Volkmann et Helmholtz attribuent le phénomène de l'irradiation, pour les objets peu distants, à l'influence des aberrations de l'œil, c'est-à-dire à l'aberration de sphéricité et à l'aberration chromatique. Pour les objets éloignés, ils l'attribuent à un défaut d'accommodation. Les rayons se réunissant dans l'œil avant d'atteindre la rétine, il en résulterait que chaque point de l'objet impressionne cette membrane, non en un point, mais sur un petit cercle, appelé par ces auteurs cercle de diffusion. Powel et André regardent au contraire l'irradiation comme un phénomène de diffraction. De plus, Helmholtz considère « tous les phénomènes selon l'espace, sauf l'irradiation, comme résultant d'erreurs de jugement. »

Nous nous garderons bien d'intervenir dans un débat où les noms les plus illustres de la science se trouvent engagés. Notre rôle de rapporteur exige néanmoins que nous fassions connaître brièvement les objections que Joseph Plateau a cru devoir opposer aux théories mises en avant par ses adversaires.

(1) *Ibid.*, pp. 497 et 505. Voir aussi BULLETIN DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE, t. XIII, *Sur les couleurs accidentelles ou subjectives*, seconde note, p. 9.

Dès 1839, Plateau montrait, par des expériences décisives, que l'aberration chromatique de l'œil n'introduit aucun effet appréciable dans le phénomène de l'irradiation. Pour cela, au lieu de faire sur le fond éclairé du ciel l'expérience, rapportée plus haut, de la plaque de cuivre à ouververture rectangulaire et quelques autres expériences analogues à celle-là, Plateau les exécute devant une glace dépolie, éclairée par une lumière homogène. « La lumière homogène dont j'ai fait usage, dit l'éminent physicien, est celle que donne, comme on sait, la flamme d'un mélange d'alcool, d'eau et de sel. » De plus, « j'ai interposé entre la flamme et la glace dépolie un verre jaune d'une couleur intense. » L'homogénéité de cette lumière était si parfaite, qu'en recevant le faisceau lumineux sur un prisme, on n'apercevait latéralement qu'une nuance verdâtre à peine sensible.

Or, continue Joseph Plateau, « dans les circonstances que je viens de décrire et qui devaient nécessairement exclure les effets qui auraient pu dépendre de l'aberration de réfrangibilité, les appareils m'ont fait voir une irradiation très développée. Le même résultat s'est montré à deux des personnes qui m'avaient aidé dans les expériences de mesure rapportées dans mon mémoire, et qui sont, par conséquent, habituées à juger des phénomènes d'irradiation.

» Pour comparer ensuite les effets produits à ceux que ferait naître une lumière composée et d'un éclat semblable, j'ai placé, à côté de la glace dépolie ci-dessus, une autre glace pareille, derrière laquelle j'ai allumé plusieurs bougies disposées de manière à l'éclairer d'une lumière uniforme, et j'ai éloigné ou rapproché ces bougies jusqu'à ce que l'éclat de cette seconde glace parût égal à celui de la première. Un écran séparait d'ailleurs les bougies de la flamme d'alcool, de manière que chacune des glaces ne recevait qu'une seule des deux lumières. J'avais ainsi deux champs lumineux d'un même éclat, mais dont l'un était éclairé par une lumière jaune homogène, et l'autre par une

lumière qui, sans être blanche comme celle du jour, est cependant évidemment assez composée pour le cas dont il s'agit. J'ai placé alors, devant ces deux champs lumineux, des appareils d'irradiation identiques entre eux, de manière qu'en les observant simultanément il était aisé de voir si les irradiations développées par les deux lumières différaient sensiblement l'une de l'autre.

» Or, cette comparaison faite par les deux personnes dont j'ai parlé plus haut et par moi, ne nous a montré aucune différence appréciable : les deux appareils manifestaient une irradiation prononcée, et celle qui provenait de la lumière composée n'avait ni plus ni moins d'étendue que celle que faisait naître la lumière homogène (1). » Plateau conclut de cette expérience que l'aberration de réfrangibilité ne peut pas être regardée comme la cause génératrice de l'irradiation.

L'influence des lentilles oculaires sur le phénomène de l'irradiation montre, en outre, que l'aberration de sphéricité de l'œil ne peut pas non plus intervenir d'une manière sensible dans la production du phénomène. En effet, dans l'hypothèse des adversaires de Joseph Plateau, une lentille ne rend l'irradiation insensible qu'en annulant l'aberration oculaire. Or, pour qu'une lentille convergente de foyer donné puisse détruire ou diminuer les aberrations du globe oculaire, il faut évidemment, dit l'illustre physicien belge, que cette lentille ait des courbures appropriées. Telles n'étaient pas, ajoute-t-il, les conditions de mes expériences : car, « les lentilles que j'ai employées, tant à l'époque de mon mémoire que plus récemment, étaient prises au hasard, elles avaient des distances focales différentes, les unes étaient bi-convexes, les autres plano-convexes, et toutes ont donné le même résultat. »

Reste l'influence que le défaut d'accommodation dans la vision des objets éloignés peut avoir sur l'irradiation.

(1) BULLETINS DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE, tome VI, 1e partie, p. 501.

A ce propos, Plateau fait d'abord observer que, pour être réelle, cette influence demande des yeux myopes. « Pour des yeux de cette espèce, l'accommodation ne s'exerce qu'entre des limites très resserrées, la distance de vision distincte est courte et à peu près déterminée, et l'image formée sur la rétine par un point situé au delà de cette distance est nécessairement un cercle de diffusion, dont le diamètre augmente avec l'éloignement du point. » Au reste, Helmholtz lui-même le reconnaît : « Les phénomènes, dit-il, que Plateau décrit sous le nom d'irradiation, sont de l'espèce de ceux que voit un œil faiblement myope sur des objets éloignés ; ce sont donc, pour la plupart, des phénomènes d'accommodation inexacte. » A cela, Joseph Plateau répond : les cercles de diffusion d'un œil myope ne sont pas de l'irradiation ; « il ne faut évidemment donner ce nom qu'aux phénomènes qui se manifestent dans des yeux capables de voir nettement depuis une distance petite ou modérée, jusqu'à celle des astres, c'est-à-dire, dans des yeux normaux ou, tout au plus, dans des yeux légèrement presbytes. C'est ainsi que j'ai considéré l'irradiation dans mon mémoire ;... les personnes qui m'ont aidé dans mes expériences... n'étaient nullement myopes, et leurs yeux s'adaptaient conséquemment avec exactitude aux appareils d'irradiation. J'ajouterai que moi-même, loin d'être myope, j'étais plus ou moins presbyte ; or, mes appareils, placés bien au delà de la limite inférieure de ma vision distincte, et conséquemment à des distances auxquelles ma vue s'accommodait parfaitement, me montraient une irradiation très développée (1). »

La conclusion qui ressort de ces explications me paraît manifeste. Les phénomènes d'irradiation observés par Plateau n'étaient nullement dépendants d'un défaut d'accommo-

(1) Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e série, t. XLII : *Sur les couleurs accidentelles ou subjectives*, 2e partie, page 4, et 1re partie, pp. 13 et 20.

dation ; par suite, on ne peut pas les expliquer théoriquement à l'aide des cercles de diffusion provenant d'une accommodation inexacte.

Je regrette néanmoins que Joseph Plateau n'ait pas insisté davantage, dans sa défense, sur l'expérience de Volkmann « d'après laquelle un fil noir très fin sur fond blanc, regardé avec une accommodation exacte, paraît amplifié comme un fil blanc sur fond noir. » Je ne parviens pas, en effet, à interpréter ce phénomène dans le système de notre illustre compatriote. Volkmann l'explique par des cercles de diffusion : « Au lieu de voir des lignes noires, dit-il, on voit des images de diffusion grises, plus larges (1). » Suivant ce savant, des cercles de diffusion existent donc sur la rétine, alors même que l'accommodation de l'œil est exacte.

Je n'ai nullement l'intention cependant de présenter cette remarque comme une objection aux vues théoriques de Plateau. J'avouerai même que je ne sais pas mieux interpréter le phénomène dans l'hypothèse de Volkmann. Mon dessein a été de signaler un fait intéressant dont l'explication, que je sache, n'a pas encore été donnée.

Dans le cas où l'interprétation théorique proposée par Joseph Plateau serait trouvée insuffisante à expliquer toutes les particularités du phénomène de l'irradiation, l'hypothèse qui aurait le plus de chance d'être admise par l'universalité des physiciens, est peut-être celle de Powel et d'André, rattachant l'irradiation aux phénomènes de la diffraction.

Dans la troisième édition du cours de physique de l'École polytechnique, MM. Jamin et Bouty se rallient déjà à cette opinon. « Fondée, dit Plateau, sur la diffraction au bord de la pupille, cette hypothèse échappe aux difficultés des théories ci-dessus; car elle ne suppose ni l'influence des aberrations de l'œil, ni aucun degré de myopie,

(1) Helmholtz, *Optique physiologique*, p. 430.

et je m'étonne qu'elle paraisse n'avoir pas trouvé plus de partisans. » Ailleurs, en rapportant l'expérience comparative des deux glaces dépolies, éclairées respectivement par de la lumière homogène et de la lumière composée, expérience que nous avons mentionnée plus haut, il ajoute : « Je crois me rappeler qu'en regardant l'appareil projeté sur la lumière homogène, j'éprouvais une certaine gêne dans les yeux, comme si les bandes d'irradiation étaient striées de lignes fines noires, parallèles aux côtés des parties opaques, quoique je ne pusse affirmer la présence de ces lignes. Si elles existaient en réalité, elles fourniraient un argument en faveur de la théorie qui s'appuie sur la diffraction. »

Il y a dans ces paroles de Joseph Plateau une expression évidente, et nullement dissimulée, d'estime et d'approbation.

Cependant, malgré la sympathie qu'il éprouve pour l'interprétation théorique de l'irradiation fondée sur les phénomènes de la diffraction, l'éminent physicien croit devoir y opposer le fait suivant. « On sait, dit-il, que si un objet irradiant est vu à travers une très petite ouverture, l'irradiation est diminuée, et peut même devenir insensible. Or, d'une part, la quantité de lumière pénétrant dans l'œil et, par suite, l'éclat de l'objet sont considérablement amoindris par la petitesse de l'ouverture, d'où doit résulter un amoindrissement de l'irradiation ; mais, d'autre part, les cercles de diffusion sont d'autant plus grands que l'ouverture est plus petite ; les deux effets opposés devraient donc se compenser plus ou moins, et cependant on n'observe qu'une diminution de l'irradiation. »

Sur le terrain de la théorie, Joseph Plateau a eu, nous venons de le voir, de nombreux adversaires ; il leur résista avec honneur, souvent avec succès. Mais sur le terrain des faits, disons-le à sa louange, en terminant cette première partie de notre notice, il n'eut jamais de

contradicteur. Ses études expérimentales sur les apparences visuelles sont un modèle achevé de méthode dans la recherche, de perspicacité dans l'analyse, de précision dans les mesures et de simplicité en même temps que de clarté dans l'exposition. Il n'est point de travaux, dans nos grandes collections académiques, capables de former aussi sûrement et aussi rapidement, à l'art de l'expérimentation, un jeune homme désireux de contribuer au progrès des sciences.

Fécondes en heureux résultats pour l'avancement de nos connaissances, les recherches de Plateau sur les impressions visuelles devaient, comme je l'ai insinué en commenant cet article, être extrêmement funestes à leur auteur. A la suite d'une contemplation trop prolongée du disque solaire, alors que l'astre avait un vif éclat, l'illustre physicien fut atteint d'une affection ophtalmique qui, en se développant, amena la cécité.

Rien de plus touchant que de lire, dans l'avant-propos de la *Bibliographie analytique des principaux phénomènes de la vision*, ouvrage monumental, publié par ses soins et ceux de ses amis à la fin de sa vie, les conseils qu'il donne aux physiciens pour les prémunir contre le funeste accident dont il fut la victime.

« Les expériences qui provoquent les phénomènes cités dans cette même section (1) sont dangereuses : c'est à la suite d'une expérience imprudente de ce genre, que s'est développé chez moi le germe de l'affection qui a fini par me priver complètement de la vue ; je ne saurais donc engager trop fortement les physiciens et les physiologistes à s'abstenir de semblables essais, qui ne présentent qu'un intérêt bien minime à côté des maux qu'ils peuvent entraîner ; les observations faites jusqu'ici sont d'ailleurs assez

(1) La section dont il s'agit ici se rapporte aux phénomènes qui se manifestent après qu'on a regardé des objets d'un grand éclat. L'ouvrage entier a plus de 200 pages in-quarto. C'est le dernier effort fait dans l'intérêt de la science par l'illustre vieillard.

multipliées pour qu'on se dispense d'en entreprendre de nouvelles. »

La perte de la vue n'interrompit pas les travaux de Joseph Plateau. Des amis dévoués lui vinrent en aide. « Grâce à leur généreux concours, dit-il, dans la préface à la seconde série de ses *Recherches sur les figures d'équilibre des masses liquides sans pesanteur*, la carrière de la science demeure ouverte pour moi ; je puis, malgré l'infirmité dont je suis atteint, mettre en ordre les matériaux que j'ai amassés, et même entreprendre des recherches nouvelles. »

Ces quelques lignes renfermaient tout un programme. Comme nous le verrons, Joseph Plateau y fut fidèle. Chose unique dans l'histoire de la science, la période la plus brillante de sa carrière scientifique, celle qui a donné à son nom une gloire immortelle, commence avec sa cécité.

J. Delsaulx, S. J.

(*La suite prochainement.*)

LE MÉRIDIEN INITIAL

ET

L'HEURE UNIVERSELLE

La double question du méridien initial et de l'unification de l'heure occupe de nouveau les congrès, et paraît marcher vers sa solution, malgré l'opposition de certains amours-propres nationaux.

Nous voudrions donner l'historique de cette question en la traitant au point de vue de la construction des cartes géographiques et de l'enseignement, laissant aux astronomes, aux géodésiens, aux navigateurs et autres intéressés, le soin de l'envisager à leur point de vue.

L'usage qui se fait actuellement dans les écoles des degrés de longitude tracés sur les cartes géographiques est à peu près nul, et il en sera de même, nous le craignons, tant que ces degrés n'indiqueront pas d'une manière stable et acceptée par tous la position en longitude des villes et des pays du globe, comme le font les parallèles pour la position en latitude.

La diversité des premiers méridiens choisis par les nations, leur passage à travers les pays les plus importants de l'Europe, qu'ils coupent d'une manière fâcheuse ; la distinction de la longitude en occidentale et en orientale, d'où

résulte une certaine confusion ; l'emploi des méridiens tracés de 10° en 10°, sans rapport simple avec les heures, sont autant de difficultés que l'on ne peut guère résoudre dans l'enseignement, du moins pour la masse des élèves.

Ce sont ces difficultés qu'il faudrait supprimer ou atténuer autant que possible par l'adoption d'un méridien initial unique. La vulgarisation des notions sur la longitude des lieux ne pourrait qu'y gagner.

La question d'un méridien initial et d'une heure universelle ne préoccupait pas les anciens, dont les idées sur la sphéricité du globe étaient des plus vagues. Toutefois Ptolémée, au IIe siècle, plaçait déjà le point de départ de ses méridiens aux îles Fortunées (Canaries), parce qu'alors on ne connaissait rien au delà ; et c'est parce que l'étendue du monde connu à cette époque était plus grande de l'est à l'ouest que celle du nord au sud, que l'on donna à la première le nom de *longitude* (longueur), et à la seconde le nom de *latitude* (largeur).

Après la découverte du nouveau monde, le pape Alexandre VI, en 1493, avait désigné, pour séparer les possessions espagnoles à l'occident, et les possessions portugaises à l'orient, un méridien passant à une certaine distance à l'ouest de l'île de *Fer* ou de la côte africaine.

Au XVIe siècle, Mercator voulait comme méridien initial l'île de *Corvo*, l'une des Açores, qui était alors située sur le méridien magnétique.

Les Hollandais prirent longtemps le méridien du *Pic de Ténériffe*, regardé autrefois comme la plus haute montagne du monde.

Louis XIII désigna, par déclaration expresse, le méridien de l'île de Fer, qui, aujourd'hui encore, est conservé par beaucoup de cartographes. L'astronome De Lisle avait déterminé la longitude de Paris à 20 degrés à l'est de ce méridien ; mais Borda, en 1789, reconnut une erreur de 30 minutes à ajouter à cette quantité, l'île de Fer étant réellement à 20° 30′ O de Paris.

Pus tard les Français adoptèrent le méridien de *Paris*, et bientôt chaque nation un peu importante voulut avoir le sien, passant par son observatoire astronomique et lui servant de base pour l'établissement de ses cartes d'état-major. On en compte aujourd'hui douze principaux : Greenwich, Paris, Berlin, Washington, Rio-de-Janeiro, Pulkova (Saint-Pétersbourg), Naples, Stockholm, Lisbonne, Cadix, Christiania et Copenhague.

La Belgique, qui a dressé ses cartes d'état-major d'après le méridien de Bruxelles, se sert du méridien de Paris pour les usages ordinaires.

La nécessité d'avoir un méridien unique pour les longitudes et les heures se fait sentir de plus en plus, surtout parmi les cartographes, les géographes, les navigateurs, les administrations de chemins de fer. Aussi a-t-on vu surgir plusieurs projets dans ce but.

Les uns ont proposé *Alexandrie*, en souvenir de Ptolémée, ou l'une des *Pyramides* d'Égypte ; d'autres, *Venise*, patrie de Marco-Polo, ou *Rome*, centre du monde occidental dans l'histoire.

Laplace introduisit le méridien où il était midi quand le soleil se trouvait au point vernal en 1250, année dans laquelle l'apogée de l'orbite terrestre coïncidait avec le point solsticial du Cancer. Maury et Herschel étaient partisans de ce méridien, qui correspondait au cap *Mesurado*, près de Monrovia, sur la côte de Guinée.

M. Bauffe, de Bruxelles, comme M. Eug. Cortambert, de Paris, et plus récemment M. Bouthillier de Beaumont, de Genève, optèrent pour le méridien du détroit de *Behring*, qui sépare les deux grands continents. Mais ce méridien aurait, comme tous les précédents, le défaut grave de couper la terre dans l'Europe et l'Afrique occidentale.

Dernièrement le capitaine Delporte est revenu à l'idée de Mercator pour adopter le méridien du pôle magnétique.

Le major Adan, directeur de l'Institut militaire de

Bruxelles, enlevé trop tôt à la science, s'était décidé pour l'ancien méridien de l'île de *Fer*, en proposant de construire dans cette île un observatoire commun pour tous les États civilisés.

Dans une note, accompagnée d'une carte, présentée au congrès de Venise en 1881, et publiée par l'*Exploration*, de Paris, et le *Bulletin de la Société de géographie*, de Bruxelles, nous avons nous-même fait ressortir les avantages du méridien de l'île de Fer, ou plutôt de son *antiméridien du Kamtschatka*, au point de vue de la cartographie scolaire. Notre conclusion pouvait se résumer comme suit :

« Nous optons pour l'ancien méridien initial de l'île de Fer, mais en reportant le 0° sur l'anti-méridien traversant le Kamtschatka, afin que le point de départ des longitudes et des heures se trouve dans la partie du globe la moins habitable. En outre, on graduerait en une série unique de 0° à 360°, en procédant de l'ouest à l'est, dans le sens de la rotation de la terre, et en espaçant les méridiens de 15 en 15 degrés, correspondant à 1 heure de temps. »

Nous aurons occasion d'y revenir plus loin.

Récemment M. Romanet de Caillaud a proposé le méridien de Bethléem, en souvenir de la naissance de Notre-Seigneur Jésus-Christ. Cette naissance ayant eu lieu à l'heure de minuit, marque en effet l'origine de l'ère chrétienne et le point de départ de la chronologie vulgaire. « En adoptant ce méridien initial de Bethléem, » dit l'auteur, « les peuples européens ou d'origine européenne se montreraient logiques avec eux-mêmes : comptant déjà le *temps* à partir de la naissance du Christ, ils compteraient désormais l'*espace* à partir du lieu de cette naissance. »

Mais ce sont les Américains qui sentent le plus vivement le besoin d'unifier les heures. Sur l'immense territoire des États-Unis, il existe plus de soixante-quinze compagnies de chemins de fer dont les heures ne s'accordent pas entre elles ; il en résulte une confusion intolérable dans les relations journalières.

Aussi M. Abbé, le directeur du bureau météorologique de Washington, propose-t-il quatre *méridiens régionnaires*, dont : le 1er, correspondant au 75e degré O de Greenwich, donnerait l'heure réglementaire pour la région de l'*Atlantique;* le 2e, situé à 90°, donnerait celle de la région de la *Vallée* (du Mississipi); — le 3e (105°) servirait pour la région des *Montagnes*, et le 4e (120°) pour la région du *Pacifique*.

L'aiguille des montres présenterait quatre pointes faisant entre elles des angles de 30° et marqués des lettres A, V, M, P, de sorte qu'elle indiquerait, par exemple, 4 h. 10 m. à New-York, en même temps que 3 h. 10 m. à Chicago, 2 h. 10 m. à Denver et 1 h. 10 m. à San Francisco. Les heures varieraient, tandis que les minutes et les secondes resteraient les mêmes.

En même temps, M. Sandford Fleming, ingénieur du *Pacifique-Canadien*, propose, d'accord avec M. Abbé, de se baser sur l'*anti-méridien de Greenwich*, passant par la rivière d'Anadyr et les îles Fidji.

Le projet de M. Sandford Fleming, exposé au nom du Canada et des États-Unis au Congrès de Venise en 1881, est assez compliqué. En voici les points principaux :

1° On déterminerait 24 méridiens régulateurs, différant chacun de 15° de longitude, c'est-à-dire d'une heure de temps, auxquels on rapporterait, sans exception, les heures locales arbitraires de toutes les localités du globe.

2° Le premier méridien, ou plutôt le *méridien initial*, c'est-à-dire celui qui déterminerait la position des autres méridiens horaires, serait choisi à 180° de Greenwich et en différerait de 12 heures de temps ; ce méridien initial passerait près du détroit de Behring, et presque entièrement par la mer.

3° Le changement quotidien de la date commencerait à minuit au méridien initial, et ensuite successivement aux autres méridiens horaires jusqu'à ce que le tour du globe ait été accompli de l'est à l'ouest.

4° L'heure du jour d'une localité quelconque se réglerait d'après le méridien régulateur le plus rapproché de cette localité. Midi, ou 12 heures, serait le Midi moyen dudit méridien. La minute et la seconde seraient les mêmes pour tout le globe.

5° Les heures du jour seraient comptées de une à vingt-quatre sans interruption, et l'on abandonnerait la division en deux moitiés de 12 heures, actuellement en usage.

6° Dans certaines opérations, comme celles qui ont pour but de faciliter la chronologie et le synchronisme d'observations scientifiques, on se reporterait à la date et à l'heure du méridien initial, en guise de temps universel auquel on donnerait le nom de *temps cosmopolite.*

7° Pour éviter toute ambiguïté, les heures du temps cosmopolite seraient désignées par des symboles et non par des nombres ; on emploierait de préférence les lettres de l'alphabet anglais dans leur ordre consécutif, omettant J et V pour les réduire à 24. Ces lettres dénoteraient aussi les méridiens régulateurs dans leur ordre régulier d'est à ouest, de manière que F correspondrait au méridien de 90° passant près de Calcutta, M au méridien de 180°, celui de Greenwich ; S au méridien de 270°, de la Nouvelle-Orléans; Z à celui de 0° ou 360°, au *méridien initial.*

Si le congrès de Venise, tenu en septembre 1881, ne s'est occupé qu'incidemment du projet, la raison en est apparemment dans l'opposition systématique des représentants de quelque grande puissance. Toutefois il a émis le vœu « que, dans le courant d'une année, une commission internationale soit nommée par les gouvernements pour s'entendre sur la question du méridien initial, ayant en vue, non seulement la question de longitude, mais surtout celle des heures et des dates. »... « Les délégués des États-Unis proposent Washington comme siège de ladite commission. »

En conséquence le gouvernement des États-Unis, le plus intéressé dans la question, a convoqué cette année même

en congrès pour cet objet les délégués des diverses puissances civilisées.

En attendant la réunion de Washington, un congrès géodésique, réuni à Rome en octobre dernier, a soulevé préventivement la question, et il a adopté les résolutions suivantes que nous croyons utile de rapporter *in extenso* d'après l'*Exploration*. C'est l'acte le plus important qui ait été accompli jusqu'à ce jour, ayant été posé par un congrès officiel.

Résolutions. I. L'unification des longitudes et des heures est désirable autant dans l'intérêt des sciences que dans celui de la navigation, du commerce et des communications internationales. L'utilité scientifique et pratique de cette réforme dépasse de beaucoup les sacrifices en travail et en accommodation qu'elle entraînerait pour la minorité des nations civilisées. Elle doit donc être recommandée aux gouvernements de tous les États intéressés, pour être organisée et consacrée par une convention internationale, afin que désormais un seul et même système de longitude soit employé dans toutes les éphémérides astronomiques et nautiques, dans tous les instituts et bureaux géodésiques et topographiques, ainsi que dans les cartes géographiques et hydrographiques.

II. La conférence propose aux gouvernements de choisir pour méridien initial celui de Greenwich, défini par le milieu des piliers de l'instrument méridien de l'observatoire de Greenwich ; parce que ce méridien remplit, comme point de départ des longitudes, toutes les conditions voulues par la science, et que, étant déjà le plus répandu de tous, il offre le plus de chances d'être accepté généralement.

III. Il convient de compter les longitudes à partir du méridien de Greenwich dans la seule direction de l'ouest à l'est, de 0° à 360° ou de 0 h. à 24 h. Les méridiens sur les cartes, et les longitudes dans les registres devraient

être désignés partout en heures et en minutes de temps, en laissant la faculté d'ajouter l'indication en degrés correspondants.

IV. La conférence reconnaît pour certains besoins scientifiques et pour le service interne des grandes administrations des voies de communication, telles que chemins de fer, lignes de bateaux à vapeur, télégraphes et postes, l'utilité d'adopter une heure universelle, à côté des heures locales ou nationales qui continueront nécessairement à être employées dans la vie civile.

V. La conférence recommande, comme point de départ de l'heure universelle et des dates cosmopolites, le midi moyen de Greenwich, qui coïncide avec l'instant de minuit ou avec le commencement du jour civil sous le méridien situé à 12 h. ou à 180° de Greenwich.

Il s'ensuit que le temps universel correspondra partout au temps moyen local, compté à partir de minuit, diminué de 12 h. et de la longitude de l'endroit, et que les dates changent aux antipodes de Greenwich.

Il convient de compter les heures universelles de 0 h. à 24 h.

VI. Il est désirable que les États qui, pour adhérer à l'unification des longitudes et des heures, doivent changer de méridien, introduisent le nouveau système de longitudes le plus tôt possible dans les éphémérides et les almanachs officiels, dans leurs travaux géodésiques, topographiques et hydrographiques et dans les nouvelles cartes. Comme moyen de transition, il convient, dans les nouvelles éditions des anciennes cartes, dont il serait difficile de changer les cadres, d'inscrire au moins à côté de la numération des anciens méridiens leur expression d'après le nouveau système.

Il importe enfin que le nouveau système soit introduit sans retard dans l'enseignement.

VII. Ces résolutions seront portées à la connaissance des gouvernements et recommandées à leur bienveillante con-

sidération, en leur exprimant le vœu qu'une convention internationale, consacrant l'unification des longitudes et des heures, soit conclue le plus tôt possible par une conférence spéciale.

Ces résolutions, adoptant le méridien anglais, ont soulevé naturellement quelque opposition de la part de la France. Plusieurs orateurs s'en sont faits l'écho. M. de Lesseps lui-même avait préjugé la question, en disant au congrès de Douai (août 1881) qu'elle était oiseuse, réclamée seulement par quelques géographes, et il faisait pressentir qu'on n'aboutirait pas.

M. Barbier, président de la Société de géographie de l'Est (Nancy), trouve déraisonnable cette espèce de dédain de la part d'un homme qui a tant fait pour d'autres questions de progrès. Mais M. Jules Girard, qui veut absolument le méridien de Paris, déclare que « si l'on se réunit en congrès avec l'opinion préconçue de faire accepter tel méridien, qui nous ferait abandonner le nôtre, la ligne de conduite doit être toute tracée : la France ne doit pas s'y faire représenter ! »

A ce compte, il n'y aurait plus de congrès possible. Amour-propre national exagéré et un peu égoïste ; car, si la France a eu l'honneur de donner au monde le système métrique, pourquoi ne laisserait-elle pas à une autre nation celui de régler le système horaire universel ?

Et si l'on veut écarter la solution d'un méridien *national*, pourquoi ne pas opiner pour un méridien neutre, comme la plupart le demandent ?

Pourquoi, par exemple, ne pas revendiquer les droits du méridien réel ou conventionnel de l'île de Fer ? Ce méridien aurait, outre l'avantage d'être neutre, celui de faire revenir à une pratique ancienne ; de plus, c'est lui qui détermine le mieux les deux hémisphères oriental et occidental et la séparation de l'ancien et du nouveau monde ; dans la cartographie, c'est par le plan de ce méridien

qu'on fait la coupure des deux hémisphères sur les mappemondes. Ces raisons ne sont pas à dédaigner pour l'enseignement populaire, qui n'aime pas les complications.

Puisque le congrès géodésique de Rome a exprimé le désir que son nouveau système *soit introduit sans retard dans l'enseignement*, il voudra bien nous permettre d'examiner auparavant quelques-unes de ses résolutions.

Le Congrès a établi l'opportunité de l'unification des longitudes et des heures. Il a admis que l'on compterait les longitudes dans la seule direction de l'ouest à l'est, et de 0° à 360°, ou de 0 h. à 24 h., et que les méridiens sur les cartes devraient être désignés partout en heures et minutes, etc.

En cela nous ne voyons rien que de très acceptable dans la pratique ; mais le choix du méridien de Greenwich ne nous paraît pas sans inconvénients.

En effet, ce méridien coupe désagréablement les continents d'Europe et d'Afrique ; il partage la France, l'Angleterre, l'Espagne et l'Afrique occidentale, en deux parties inégales. Or, si l'on admet la notation des 360 méridiens « dans la seule direction de l'ouest à l'est », il s'ensuit que les villes et les départements français situés à l'est de Greenwich, depuis la Seine-Inférieure jusqu'aux Vosges, verront leurs méridiens numérotés 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7, tandis que les départements de l'ouest, depuis le Finistère jusqu'au Calvados, auront les méridiens numérotés 356, 357, 358, 359 et 360.

Et si l'on admet également la série des heures de 0 à 24 dans le même sens, les deux portions de la France seront simultanément, celle de l'ouest dans la 24e heure cosmopolite alors que celle de l'est sera dans la première heure. Nous voulons bien que cette bigarrure n'effraie pas les savants, qui considéreront peut-être l'objection comme puérile, mais le public en sera-t-il aussi satisfait, et les écoles s'en accommoderont-elles facilement?

Pourquoi ces deux catégories de départements, pourquoi ces différences pour les deux parties d'un même pays, lorsqu'il eût été si facile de les éviter en partant de l'île de Fer ?

Et même en adoptant le méridien de Greenwich ou celui de Paris comme initial, ne pourrait-on pas commencer la série des méridiens et des heures *aux antipodes* de ces lieux, puisque c'est là que l'on place l'instant de minuit et le commencement du jour cosmopolite? De cette façon l'interruption de la série se produirait, non plus dans nos pays habités, mais bien dans l'océan Pacifique, où elle n'incommoderait personne, et où les marins font déjà le « saut du jour ».

Cette disposition, comme nous l'avons déjà dit ailleurs, aurait pour effet de conserver une numération non interrompue pour les pays les plus civilisés, les chiffres inférieurs, de 0 à 170 (environ) se trouvant en Amérique, et se continuant de 170 à 360 à travers l'Europe et l'Asie.

De cette façon, le territoire de chaque État se trouverait limité par deux degrés dont le chiffre le plus bas serait à l'ouest et le plus élevé à l'est. La position de la France, par exemple, serait déterminée (approximativement) par les méridiens 175 à l'O et 187 à l'E, et non par les méridiens 354 à l'O et 7 à l'E, comme le ferait le système proposé par le congrès.

Le rapport entre les heures des différents pays se simplifierait d'une façon analogue ; car le temps universel correspondrait partout au temps local, sans avoir besoin de la diminution de 12 heures ou de la longitude de l'endroit, comme l'exigerait le projet de la conférence.

En résumé, que l'on adopte le méridien neutre de l'île de Fer, ou celui de Paris, ou celui de Greenwich, il y aurait avantage, selon nous, à placer le point de départ des longitudes et des heures *aux antipodes* du méridien adopté, dans ces régions inhabitées où commencera l'heure universelle proposée.

Les simplifications qui en résulteraient faciliteraient les calculs et populariseraient davantage le nouveau système, notamment dans les écoles.

Ce sera au congrès de Washington à décider ; et quel que soit le méridien qu'il adopte, la question paraît devoir faire bientôt un pas considérable, sinon tout à fait décisif.

F. Alexis M. G.

LES HALLUCINATIONS

I

Il arrive à tout le monde de percevoir parfois un objet qui n'existe pas absolument comme s'il existait. Ces sortes d'erreurs sont même tellement fréquentes que plusieurs locutions populaires leur sont consacrées. Prendre l'ombre pour la réalité, vivre d'illusions, bâtir des châteaux en Espagne, n'est-ce pas affirmer que nous sommes les jouets des fictions, des créations imaginaires de la vie courante ? L'hallucination est l'expression physiologique de phénomènes semblables. En langage médical, on dirait que c'est un trouble psycho-sensoriel, caractérisé par la croyance à une sensation réellement perçue quoique l'exercice des sens n'ait été déterminé par aucune excitation extérieure. Si simple que soit cette définition, nous risquerions d'être mal compris si nous nous basions uniquement sur elle pour entreprendre l'*étude* du phénomène hallucinatoire. Aussi nous préférons familiariser d'abord nos lecteurs avec le phénomène tel qu'il éclate à tous les yeux, en quelque sorte dans toute sa brutalité. Dans ces premières pages, nous rappellerons donc divers cas d'hallucination, dont la

plupart, affectant des personnages célèbres, sont consignés dans les annales de l'histoire, de la psychologie ou de la médecine. De plus, le lecteur serait encore insuffisamment préparé, si on ne l'initiait pas à la physiologie d'une sensation normale. Connaissant alors ce qu'on appelle l'état hallucinatoire ou morbide et le mécanisme d'une sensation normale, il sera à même d'apprécier les motifs qui nous rallient à une théorie déterminée de l'hallucination.

A toutes les époques, les phénomènes hallucinatoires ont frappé les esprits, et à toutes les époques ils ont eu des commentateurs, des juges plus ou moins sévères. Mais il n'y aurait aucune utilité à rappeler les jugements formulés à une époque où la physiologie n'existait pas. Ils nous exposeraient peut-être à nous enorgueillir à tort des progrès accomplis, et l'outrecuidance est particulièrement déplacée en physiologie ; car, là surtout, la science du lendemain arrive souvent à démolir celle de la veille. Mais il nous est bien permis de plaindre ces époques où les hallucinations firent surgir des bûchers et produisirent des perturbations profondes dans l'histoire des peuples. Considérées tantôt comme des interventions divines, tantôt comme des œuvres du démon, elles ont conduit aux destinées les plus contraires ceux qui les éprouvaient. Rarement on leur reconnaissait un caractère morbide ; et cela est d'autant plus compréhensible qu'aujourd'hui même, malgré les connaissances acquises, il est malaisé d'en fixer la nature intime.

Ce qui frappe dans l'examen de ces faits historiques, c'est que les hallucinations paraissent être spécialement dévolues aux génies, aux intelligences supérieures, vives, exaltées. Depuis Socrate jusqu'à nos jours, on dirait qu'elles se développent en raison de la tension cérébrale de celui qui les subit.

Chacun sait que Socrate croyait entendre la voix d'un génie ou d'un démon conversant avec lui et dirigeant ses actions.

C'était aussi un halluciné, mais à un moindre degré, que Pascal. En novembre 1654, cet esprit troublé eut une vision : un feu lui apparut pendant plusieurs heures. Il le crut d'origine divine et, depuis ce jour, il prit l'engagement de se livrer entièrement à Dieu. Il écrivit cet engagement et, après sa mort, on le trouva cousu dans son pourpoint. On sait aussi les précautions particulières qu'il prenait pour s'assurer contre toute chute dans le précipice qu'il voyait ouvert à ses côtés, et les terreurs qu'il éprouvait quand il croyait voir l'enfer prêt à l'engloutir.

La Sonate du diable de Tartini n'est pas un exemple moins mémorable. Après d'inutiles efforts, l'artiste cherchait encore l'inspiration quand, par l'effet de la fatigue, le sommeil le saisit. Il se prit aussitôt à rêver à sa composition ; soudain le diable lui apparut. Je ne sais quel pacte fut conclu, mais il entendit bientôt le génie malfaisant exécuter sur le violon les mélodies qu'il n'avait pu trouver. Il se réveilla, courut à sa table et nota les airs qu'il avait entendus. Telle fut l'origine de la Sonate du diable.

Le Tasse avait lui aussi son état hallucinatoire, il s'entretenait familièrement avec son génie. Le poète de Sorrente voulut un jour convaincre son ami Manso de la réalité de ce qu'il voyait ou entendait. « J'acceptai l'offre, dit Manso, et le lendemain, étant assis tous les deux devant le feu, il tourna ses regards sur une fenêtre avec tant d'attention, qu'il cessa de répondre à ce que je lui disais, et il est même probable qu'il ne m'entendait plus. « Enfin, dit-il, voilà mon esprit familier qui a la politesse de venir m'entretenir ; admirez-le, et voyez la vérité de tout ce que je vous ai dit. » Je tournai tout de suite les yeux du côté qu'il m'indiquait ; mais j'eus beau regarder, je ne vis que les rayons du soleil qui pénétraient par les verres de la fenêtre dans la chambre. Pendant que je portais mes regards de tous les côtés, et que je ne découvrais rien d'extraordinaire, je m'aperçus que le Tasse était occupé à la conversation la plus sérieuse et la plus relevée;

car, quoique je ne visse et que je n'entendisse que lui, la suite de son discours était distribuée comme elle doit l'être entre deux personnes qui s'entretiennent. Il proposait et répondait alternativement. Les matières dont il parlait étaient si relevées, le style en était si sublime et si extraordinaire, que la surprise m'avait en quelque sorte mis hors de moi-même ; je n'osais l'interroger ni lui demander où était l'esprit qu'il m'avait indiqué, et avec lequel il conversait. Émerveillé de ce qui se passait sous mes yeux, je restai assez longtemps dans le ravissement, sans doute jusqu'au départ de l'esprit. Le Tasse m'en tira, en se retournant de mon côté et me disant : « Êtes-vous enfin dégagé de vos doutes ? — Bien loin de là, lui dis-je, ils ne sont que plus forts ; j'ai entendu des choses merveilleuses, mais je n'ai rien vu de ce que vous m'aviez annoncé. »

Luther eut avec Satan des colloques et des luttes qui trahissent d'évidentes hallucinations de la vue et de l'ouïe. La Wartbourg, dans l'opinion de Luther, était surtout habitée par des diables ; voici, entre autres, un exemple topique d'hallucination de l'ouïe, qui date précisément du séjour à la Wartbourg. « En 1521, à la Wartbourg, qui fut mon île de Pathmos, relégué dans une chambre, loin de tous les hommes, personne ne pouvait avoir accès jusqu'à moi, si ce n'est deux jeunes garçons qui, deux fois par jour, m'apportaient à boire et à manger. Entre autres choses, ils m'apportèrent des noisettes que je mis dans une boite, et parfois je m'occupais de les briser et de les manger. Durant la nuit, le diable vint ; il sortit les noisettes de la boite et il les cassa contre un des pieds de mon lit, faisant ainsi un grand fracas ; mais je n'y fis aucune attention, et je commençais à m'endormir, lorsqu'il fit sur les escaliers un affreux vacarme, comme si une foule de barriques vides dégringolaient pêle-mêle. Je savais que l'escalier était barré par de fortes grilles de fer, de sorte qu'il n'y avait de passage ni en haut ni en bas. Je me levai cependant,

et j'allai voir ce qui en était; mais trouvant la porte bien fermée, je dis : « Tu es là, eh bien ! restes-y. Je me confie en Jésus-Christ mon Seigneur et mon Sauveur, dont il est écrit : Tu as soumis toutes choses à tes pieds, et je me recouchai.» Il eut également des hallucinations de la vue. Tantôt il vit l'image de Jésus-Christ, tantôt il fut terrifié par la vue d'un gros chien noir. Des images plus fantastiques encore le jetèrent dans un grand trouble. Un serpent ou un dragon de feu déroulait ses anneaux et s'élançait d'une tour. On comprendra aisément l'origine de ses désordres sensoriels, quand on se rappellera que Luther accusait des bourdonnements d'oreille. Il eut même des abcès du conduit auditif, à la suite desquels il devint presque sourd, sans cesser d'entendre des bruits qu'il comparait au bruit du tonnerre, de la mer, de l'orage. Un rapport non moins étroit se révèle entre ses hallucinations visuelles et les troubles dont ses yeux furent affectés. Luther était atteint d'une cataracte et, en plus d'un de ses écrits, il avoue des vertiges et ce qu'il appelle des tourments de tête.

Van Helmont, qui nous touche de plus près, fut un halluciné avec ce caractère particulier, que l'hallucination dont il fut le jouet était la conséquence nécessaire d'une tension exagérée de son esprit dans une direction déterminée.

Pendant vingt-trois ans, poussé par le désir très vif de connaître l'âme, il fit de cette étude constante son unique préoccupation. Aussi, quand la vision survint, il vit l'âme sous forme d'une sphère lumineuse, et il est à remarquer qu'il n'eut jamais d'hallucination d'une autre nature. Du reste, il était naturellement porté vers le merveilleux. Les crapauds extraordinaires, la génération spontanée des vers, des scorpions, des souris, font partie de ses croyances. C'est même à une histoire racontée par Van Helmont que nous devons une fantaisie de M. About, *Le nez d'un notaire*. Voici comment il la raconte : Un Bruxellois,

ayant perdu le nez dans un combat, se rendit chez un chirurgien nommé Tagliacozzi. Ce dernier eut recours à l'autoplastie, et emprunta au bras d'un domestique de quoi refaire l'appendice perdu. L'opération réussit à merveille, et l'édifice nasal de nouvelle formation pouvait soutenir tout à son avantage la concurrence avec son prédécesseur. Treize mois plus tard, on fut surpris de voir le nez se défigurer. Il se ratatina, devint difforme, se refroidit et disparut enfin comme une ombre vaine. Longtemps on se perdit en conjectures sur ce singulier phénomène. Qu'était-il arrivé ? Le problème ne fut résolu que lorsqu'on découvrit que la mort du domestique avait eu lieu au moment où le nez s'était refroidi.

Il faudrait aussi rappeler ici les lycanthropes ou loups-garous errant autour des tombeaux, les épidémies de démonopathies extrêmement fréquentes à certaines époques, devenues rares aujourd'hui. En 1880 toutefois, on en vit encore en Italie. Mais il est inutile de nous étendre sur ces faits parfaitement connus.

Ce qu'il faut en retenir c'est que les hallucinations, quand elles apparaissent dans des temps plus ou moins reculés, ont un caractère commun que l'on ne retrouve plus guère aujourd'hui. C'est que les apparitions hallucinatoires participent des préoccupations de l'époque. Actuellement, qu'elles soient la conséquence d'une tension exagérée de l'esprit, d'un désordre des sens, d'une intoxication, d'un état névropathique ou fébrile, les hallucinations ont généralement une manière d'être peu en rapport avec les descriptions anciennes.

L'alcoolisme est certainement la mine la plus féconde pour une étude sur l'halluciné contemporain. Les caractères de l'hallucination par intoxication alcoolique sont même si nettement définis que toute autre information devient superflue pour le diagnostic dès qu'elle apparaît chez quelque malade.

Une des particularités les plus remarquables de cette

sorte d'hallucination, c'est l'apparition de figures d'animaux plus ou moins bizarres et qui excitent une grande frayeur. Sous ce rapport, toutes les observations se ressemblent. L'individu voit tout à coup apparaître devant lui des chats, des chiens qui cherchent à le mordre, des loups qu'il entend hurler, des serpents qui sifflent, des rats, des souris qui grimpent après ses jambes, des fourmis qui le couvrent des pieds à la tête, des animaux de couleur noire qui volent dans l'air, s'acharnent à sa poursuite et veulent le dévorer. Des nuées de mouches, d'araignées, d'insectes hideux voltigent autour de lui, remplissent son lit, ses habits, et lui causent des tourments inexprimables. Quelles qu'elles soient, toutes ces visions le jettent dans une profonde terreur et se traduisent toujours par un sentiment d'angoisse. Si ce ne sont pas ces figures d'animaux qui apparaissent à l'halluciné alcoolique, c'est quelque spectre dont la main froide ou décharnée s'étend sur lui, c'est un assassinat que l'on commet devant lui, c'est un homme armé qui le menace, le poursuit, le frappe. — Des faits que nous venons de citer ressort un autre caractère commun, c'est la mobilité de l'objet des hallucinations. Les hallucinations de l'ouïe coexistent fréquemment avec celles de la vue chez l'alcoolique : elles ont le même caractère et présentent la même physionomie que les précédentes. Elles sont, comme ces dernières, accompagnées d'un sentiment d'angoisse ou de vive frayeur. Ainsi l'individu qui menace l'halluciné alcoolique lui prodigue des injures, les animaux qu'il voit s'apprêtent à le dévorer en poussant des cris affreux. Autour de lui il entend des voix très distinctes qui lui font des reproches, qui l'appellent « coquin, voleur, assassin », qui le menacent de le couper en morceaux ou lui prédisent les plus grands malheurs.

Enfin c'est surtout chez l'alcoolique que l'on rencontre les hallucinations désignées sous le nom d'*hypnagogiques*, c'est-à-dire celles qui se produisent dans cet état intermédiaire entre la veille et le sommeil, au moment où l'on

est sur le point de s'endormir. Un des malades que nous soignons en ce moment présente, grâce à ces hallucinations hypnagogiques, le contraste le plus frappant pendant le jour et vers le soir. Au cours de la journée, il est timide, bienveillant, calme. Rien dans son langage, rien dans ses actes ne trahit l'état morbide, mais quelques instants après s'être couché, il se lève, entre en lutte avec un persécuteur imaginaire, crie, se débat, gesticule et devient un danger pour lui-même et pour ceux qui l'entourent.

On n'a pas assez remarqué que, plus l'intoxication est violente, plus les apparitions sont volumineuses et menaçantes pour le malade. Tandis que dans l'intoxication suraiguë des têtes d'hommes ou d'animaux s'avancent en augmentant de volume jusque sur le lit du malade, dans l'intoxication subaiguë ce sont des rats, des souris ou des insectes minuscules qui agitent l'halluciné. Enfin l'hallucination, malgré les caractères généraux que nous venons de signaler, est toujours en rapport avec les occupations habituelles du malade. Voici, par exemple, un agent de police alcoolisé ; il assistera à la tombée du jour à quelque assassinat, il poursuivra des voleurs, il prendra part à quelque lutte acharnée dans la rue. Un boulanger que nous avons assisté se sentait brusquement surchargé de sacs de farine, qui le précipitaient du haut des escaliers. Un marin transfigure sa couche en navire : le voici en pleine mer, ballotté par les flots en courroux, au milieu d'un orage formidable. Il exécute des prodiges d'adresse pour échapper à la tourmente. Aussi le matin à son réveil, le lit est réduit en fragments ; de larges ecchymoses, les meubles dévastés, les murs dégradés témoignent de l'énergie de la lutte.

Tels sont les principaux caractères de l'hallucination développée par l'abus de l'alcool. Ce vice est trop répandu dans nos contrées, pour qu'il ne soit pas aisé de rencontrer les phénomènes que nous venons de décrire.

L'hallucination développée par l'opium n'est pas moins remarquable. Elle a aussi sa physionomie particulière. Mais, heureusement, elle n'est pas encore de notre climat. De Berlin, de Paris, de Vienne, quelques révélations inquiétantes nous apprennent, il est vrai, que la morphiomanie existe et qu'elle se propage; car l'hallucination due à l'opium n'est pas sans charmes. Mais nous ne connaissons pas encore, comme en Orient, les opiophages distingués, qui portent toujours sur eux une riche boîte en or ou en émail renfermant leurs pilules opiacées, ni les dames qui se font faire d'élégants bijoux, recélant une seringue mignonne et des flacons artistiques destinés à la solution enchanteresse.

En Orient, paraît-il, on les voit s'esquiver pour se faire avec adresse, tantôt au bras, tantôt au poignet une injection morphinée. L'opium ne procure pas seulement la félicité indicible de la nonchalance portée à son maximum, le bonheur infini d'éprouver une torpeur générale dans toutes les parties du corps, dans toutes les facultés intellectuelles. C'est la perspective de quelques rêves qui flattent les passions, ce sont les délices de cet état hallucinatoire particulier qui exercent leur attrait irrésistible. Sous l'influence de l'opium se développent des visions agréables qui se rapprochent du rêve. Les Persans appellent cet état une extase. Toutefois il ne survient qu'après une sorte d'accoutumance. Il dépend aussi de la préparation de l'opium, et l'effet est différent suivant les contrées. A Bornéo, à Sumatra, à Batavia, on observe une exaltation excessive ; ailleurs, il est accompagné d'un assoupissement tranquille.

On peut ranger à côté de l'opium le haschisch. Théophile Gautier a laissé une description bien connue des effets qu'il provoque. Cette relation démontre avec quelle netteté on se ressouvient des sensations perçues et des visions développées pendant tout le temps que le poison agit. Quant à l'état hallucinatoire qu'il provoque, nous ne pou-

vons mieux faire que d'en emprunter la description à Moreau (de Tours) : « Au fur et à mesure que l'action du haschisch se fait plus vivement sentir, écrit-il, on passe insensiblement du monde réel dans le monde fictif, imaginaire, sans perdre toutefois la conscience de soi-même, en sorte qu'on peut dire qu'il s'opère une sorte de fusion entre l'état de rêve et l'état de veille. On rêve tout éveillé. » Ces hallucinations peuvent être pénibles au début ; mais à mesure que l'action toxique se développe, elles deviennent agréables, et l'on comprend qu'il y ait des fanatiques du haschisch.

A côté de l'opium, du haschisch, de l'alcool, nous eussions pu noter la belladone, les solanées vireuses en général et une quantité d'autres substances, qui ont un caractère commun, le pouvoir d'exciter le cerveau. Toutes ont également le pouvoir d'engendrer l'hallucination. Toute cause d'excitation, quelle qu'en soit la nature, produit des effets identiques. Ainsi nous rappellerons les états fébriles, qui produisent si souvent le délire. Dans la variole, dans la fièvre typhoïde, ne voit-on pas souvent le malade, agité, incohérent, se précipiter de sa couche dans l'égarement le plus complet. La surveillance la plus minutieuse et l'énergie de ceux qui le soignent doivent parfois le protéger contre lui-même. C'est que l'hallucination terrifiante lui apparaît comme une réalité ; et, si elle est vague ou indécise, elle a plus souvent pour caractéristique de pousser aux déterminations violentes.

Dans les névroses, l'hallucination est chose commune. Elle survient dans la chorée, particulièrement quand celle-ci revêt un caractère hystérique. Dans l'hystérie, elle est fréquente. Sainte Thérèse n'en fut pas exempte, comme l'a parfaitement démontré le P. Hahn (1). Mais c'est dans l'épilepsie surtout qu'elle joue le rôle le plus important. C'est une erreur de considérer l'épileptique comme

(1) Voir les trois premières livraisons de 1883.

un malade simplement atteint de convulsions plus ou moins périodiques, et se relevant bientôt d'une sorte de stupeur consécutive. Ce n'est là, à vrai dire, qu'une espèce de maladie mitigée. L'épileptique, après quelques années, avant de tomber dans la démence qui le réduit presque à la vie végétative, devient généralement le pensionnaire obligé d'un asile. C'est là que l'on assiste aux terribles développements des troubles cérébraux consécutifs ou intermédiaires aux accès convulsifs. Que l'on se représente un homme au paroxysme de la fureur, insensible à toute idée de danger, ne reculant devant aucun obstacle, ne redoutant aucune lutte, poursuivant avec une rage folle et dans toute la puissance de la surexcitation un ennemi imaginaire, un être fantastique, qu'une vision, une voix lui indique. C'est plutôt une bête fauve qu'un être humain ; et, s'il ne parvient pas à faire une victime, c'est parfois contre lui-même qu'il tourne sa fureur. Telle est la puissance de l'hallucination dans l'épilepsie. Dans ce cas, les hallucinations se rattachent probablement à un état congestif du cerveau. Aussi rencontre-t-on également l'état hallucinatoire dans la congestion cérébrale, dans la méningite, dans l'encéphalite, et chez les malades atteints d'affections cardiaques à cause de l'hyperhémie cérébrale qui en résulte.

On sait que l'anémie cérébrale provoque un ensemble de symptômes qui ressemblent, à s'y méprendre, à ceux de la congestion. L'anémie développe également des hallucinations. Toute cause débilitante produit le même effet. L'insomnie, les jeûnes prolongés y aboutissent. Il est très possible que certaines visions d'extatique relèvent d'une abstinence prolongée et hors de proportion avec les forces du patient. Dans cet ordre d'idées, un exemple célèbre nous a été laissé par M. Savigny, naufragé sur le radeau de la *Méduse*. Pendant qu'il était en proie aux horreurs de la faim, il voyait autour de lui une terre couverte de belles plantations, et il se trouvait avec des êtres dont la pré-

sence flattait ses sens. Parmi ses compagnons, les uns se croyaient encore à bord de la *Méduse*, entourés des mêmes objets qu'ils y voyaient tous les jours ; ils apercevaient des navires et les appelaient à leurs secours, ou bien une rade au fond de laquelle se trouvait une superbe ville.

L'état intermédiaire entre la veille et le sommeil est particulièrement favorable au développement des hallucinations. Ce laps de temps où l'on sent l'assoupissement envahir progressivement le corps a été l'objet des plus intéressantes études. Outre qu'il amène un redoublement d'activité dans les illusions et les hallucinations chez les sujets habituellement en proie à des troubles sensoriaux, il imprime des modifications si profondes à l'activité cérébrale, qu'il suffit à quelques individus aliénés ou simplement surexcités d'abaisser les paupières pour que le phénomène se produise ; dès que l'assoupissement cesse, il disparaît. Une lumière un peu vive suffit pour l'écarter. Ces hallucinations ne manquent pas de liaison , et se rapportent d'habitude à des faits dont on a pris connaissance pendant l'état de veille précédent. Elles n'excluent ni l'attention, ni le jugement, ni la mémoire. Mais, au milieu de cette somnolence, on dirait que l'esprit est entraîné par quelque enchaînement fatal. Il sait ce qu'il fait, il agit sans le vouloir et assiste en observateur à ses propres actes. Tandis que la volonté sommeille, les régions émotives, plus ou moins énergiquement sollicitées pendant la veille, vibrent encore en sens divers avec une énergie exubérante, parce qu'elles manquent de direction ou de boussole. On dirait que les unes sont silencieuses et déjà plongées dans la phase torpide du sommeil, pendant que les autres, plus impressionnables, sont encore livrées sans ordre ni mesure à l'excitation acquise. Aussi, cet état intermédiaire entre la veille et le sommeil développe tous ses effets chez les personnes qui ont été vivement impressionnées pendant le jour, chez celles qui se livrent à un travail excessif, chez celles qui, présentant des facultés inégalement pon-

dérées, sont le jouet habituel de l'imagination. Celui qui a dit que tout poète est un halluciné ne soupçonnait peut-être pas à quel point il était d'accord avec le physiologiste.

Si le rêve n'est pas une hallucination, tout au moins chez le malade il en est un facteur. Dans certains cas curieux, le rêve passe même à l'état d'hallucination. Ainsi, chez l'homme sain, l'ébranlement produit par le rêve ne s'éteint pas toujours au réveil, et, chez certaines natures impressionnables et timorées, il laisse après lui une trace persistante. Hoffbauer rapporte l'histoire d'un paysan qui, éveillé en sursaut par un songe effrayant, aperçoit même après son réveil un fantôme qui s'approche de lui ; saisi de frayeur, il s'empare d'une hache, frappe avec fureur et tue sa femme qui reposait près de lui. On rapporte encore l'observation d'un rêve ayant duré 72 heures chez un homme bien portant. Chez les aliénés, le rêve est l'origine fréquente d'une modification dans leur délire. Un lypémaniaque rêve qu'il a assisté au massacre de ses enfants. Son délire s'en trouve modifié pendant des mois, et ses actes trahissent de nouvelles conceptions délirantes. De tels délires systématisés, engendrant des hallucinations inconnues jusqu'alors, ne sont autres que des rêves persistants.

En passant en revue les hallucinations telles qu'elles naissent sous l'influence de l'intoxication, dans la congestion cérébrale et les maladies fébriles ou autres, nous n'avons en réalité voulu considérer qu'un état isolé, passager et compatible avec la raison. Dans tous ces cas, il se produisait sous l'influence d'un degré plus ou moins marqué d'excitation cérébrale, ou d'une tension exagérée de l'esprit.

Mais l'hallucination peut être indépendante de toute espèce d'excitation. Alors elle survient au milieu d'autres symptômes, et devient un des caractères saillants de l'aliénation mentale.

En l'envisageant sous ce dernier rapport, il nous reste

à étudier ce qu'on désigne sous les noms d'hallucination psycho-sensorielle et d'hallucination psychique.

Sans préjuger en rien le mécanisme du phénomène singulier que nous étudions, nous avons le droit de le qualifier de psycho-sensoriel. N'est-il pas évident, en effet, n'éclate-t-il pas à tous les yeux que, dans la folie, l'hallucination est la résultante de la double action de l'imagination et des organes des sens? Il n'en est pas de même de l'hallucination psychique. Son existence est contestable, et elle a fait l'objet de plus d'une controverse.

Tous les sens peuvent être atteints d'hallucinations; mais les hallucinations de l'ouïe sont incontestablement les plus communes. On peut parfois en suivre le développement, particulièrement quand elles sont unilatérales. Ainsi un malade nous dit que, pendant un certain temps, il a souffert de maux dans une oreille. Plus tard, il a été agacé par des bourdonnements incessants du côté de l'oreille affectée, puis il a entendu des sifflements, des bruits de rivière ou de cascade, et enfin des coups de fusil. De là un délire de persécution ; il se croit entouré d'assassins. Les bruits de soufflet ou de cloche sont très fréquents. Ce sont parfois des sons musicaux. Une femme hallucinée et, à certains moments, ravie en extase entendait les concerts des anges et une musique céleste que rien ne pouvait égaler. Que de fois les malades ne sont-ils pas tourmentés par des voix qu'ils entendent distinctement, qu'ils rapportent à des personnes déterminées, et dont ils désignent avec la plus grande netteté la distance d'origine. Il est d'observation que, dans leur imagination, ils les placent toujours à des distances plus ou moins grandes, ou derrière un abri qui les rend invisibles. En cela, les aliénés ne suivent que leur raison ; ne voyant pas l'objet, mais forcés d'y croire par le fait d'une hallucination qui s'impose, ils le placent hors de la portée de la vue. Cette voix émane tantôt d'une personne qui leur est chère et qui les appelle, tantôt d'ennemis qui ricanent, complotent, blasphèment ou menacent. Ces

interpellations personnelles non seulement jettent les malades dans la plus grande excitation, mais deviennent l'origine de méfaits ou de suicides. Car l'aliéné obéit aveuglément à ces ordres et parfois la voix lui défend de manger, lui ordonne de se jeter par la fenêtre, de tuer, de courir sus à l'ennemi. Si communément les hallucinations sont perçues à la fois par les deux oreilles, elles peuvent aussi n'être entendues que d'un seul côté ; enfin la surdité elle-même n'est pas incompatible avec les hallucinations de l'oreille.

Non moins que l'ouïe, la vue présente les désordres les plus variés, images de toute nature, ombres, fantômes, apparitions célestes, agitant en sens divers les hallucinés de la vue. Qu'on se rappelle ce que nous avons dit de l'alcoolisé, de l'opiophage, du mangeur de haschisch. Parfois des scènes entières se déroulent sous les yeux de l'halluciné. Rien n'y manque, si varié que soit le spectacle. Il faut remarquer que l'objet imaginaire couvre les objets extérieurs et réels, en sorte que lui seul est perçu ; que, sous l'influence du strabisme, d'un prisme appliqué devant l'œil, on a pu constater que les images étaient vues doubles et de grandeur naturelle. Ces remarques sont d'une importance extrême quand il s'agit d'interpréter le mécanisme de l'hallucination.

Les désordres des voies digestives suscitent des hallucinations de l'odorat et du goût.

Les malades sentent des odeurs méphitiques, l'atmosphère est empoisonnée, les aliments exhalent des effluves putrides. L'un se protège contre la pénétration de ces miasmes en se bouchant le nez, l'autre serre étroitement ses vêtements au niveau des poignets ou des chevilles. On en voit qui s'isolent, parce qu'ils imaginent qu'eux-mêmes répandent ces miasmes délétères.

Les hallucinations de la sensibilité générale sont aussi variées que l'imagination, et aussi étendues que la sensibilité elle-même. Quels exemples n'a-t-on pas cités de ces

désordres ? Les malades se sentent piqués, pincés, torturés de mille façons. Le magnétisme, l'électricité, la sorcellerie les impressionnent différemment au gré de l'imagination en délire. Chez l'alcoolique les rats, les souris, les fourmis, les insectes occasionnent des tortures indicibles.

La sensibilité viscérale donne lieu aux sensations les plus étranges. Tantôt le malade accuse l'absence d'un organe, sa réplétion à l'excès, ou sa dilatation et son rapetissement alternatifs. Un désordre physique est le point de départ de ces interprétations délirantes. Un malade se prétend constamment bourré d'aliments au point de craindre la suffocation. Cependant, sous l'aiguillon de la faim, il se décide à manger, sauf à se lamenter aussitôt sur son inconséquence, s'accusant de hâter ainsi le supplice qui le menace. Plus d'une fois, un vermifuge a eu raison des démons qui hantaient le corps du délirant et y tenaient leur sabbat. On comprend que l'appareil génital soit également le point de départ de perversions analogues, et donne lieu aux hallucinations les plus étranges.

Telles sont dans leur ensemble les hallucinations psycho-sensorielles.

A côté de celles-ci, Baillarger et d'autres auteurs à sa suite n'hésitent pas à admettre une hallucination intellectuelle ou psychique. Que faut-il comprendre par là ?

Il est des aliénés qui entendent ce qu'ils appellent des voix intérieures. Ce terme est évidemment impropre et ne rend qu'incomplètement leur pensée. C'est une communication intérieure qui ne retentit que dans l'âme, et que le malade fait généralement émaner du cœur, de la tête ou de l'épigastre. Interrogés sur ce qu'ils éprouvent, ces malades disent très nettement qu'ils n'entendent pas la voix en dehors d'eux-mêmes, ils ne peuvent s'expliquer sur son timbre, ni sur sa direction, ni sur son accent. Ce n'est pas une voix, disent-ils : ils la perçoivent seulement en esprit, et causent avec leur interlocuteur par l'intermédiaire de la pensée.

C'est la pensée même qu'ils entendent, comme le disait une malade. « La langue ne remue pas, la bouche ne s'ouvre pas, et cependant j'entends, je comprends aussi clairement que quand on articule : c'est la plus merveilleuse découverte qui soit sortie des mains du Créateur. » Un sujet, atteint de monomanie religieuse, paraît absorbé et indifférent à tout ce qui l'entoure. Il nous répond qu'il est en communication avec Dieu et avec le ciel, et que cet entretien est le plus doux, le plus consolant qu'on puisse imaginer. — Vous entendez donc la voix de Dieu, le voyez-vous? Qu'entendez-vous? Par où cette communication vous vient-elle? — Elle est intérieure, je l'entends en moi, réplique-t-il, c'est la pensée divine qui s'adresse à moi. — En réalité, langage d'âme à âme, à la muette, le langage de la pensée.

Si ce sont des phénomènes auditifs, ils n'ont cependant rien de sensoriel. Sous ce rapport, l'affirmation du malade est formelle; ni la vue, ni l'ouïe, ni un sens quelconque ne lui apprennent rien. Dans aucun état psychique, l'inactivité momentanée des sens n'est aussi complète. L'élément sensoriel est tellement obscurci que le patient lui-même a quelque peine à faire comprendre à quel point le phénomène qu'il ressent est d'ordre psychique. Et cependant le caractère primordial de toute hallucination est un trouble sensoriel. Ici il fait entièrement défaut. Nous voulons bien admettre que certaines imaginations vives parviennent à objectiver des images créées par elles. Mais encore y a-t-il image. Rien de semblable dans l'hallucination psychique. Aussi convient-il de ne pas la faire rentrer dans le cadre de cette étude.

Jusqu'ici nous avons retracé l'hallucination telle qu'elle se caractérise de nos jours.

Cette vue rétrospective et l'analyse rapide de l'état hallucinatoire créé par l'intoxication, par un trouble cérébral ou au milieu des symptômes de l'aliénation mentale, ont eu pour but de familiariser le lecteur avec un phénomène

dont autrement le mécanisme resterait peu compréhensible. Cette intention fera excuser un si long préambule. Nous voici à même d'aborder l'étude intime du phénomène, et c'est là notre but essentiel.

II

Nous avons dit que l'hallucination consiste dans la perception d'une sensation visuelle, ou auditive, ou gustative, ou tactile, ou odorante, s'écartant toutefois d'une perception normale en ce qu'elle n'a pas pour origine une impression réelle, c'est-à-dire extérieure. Des relations si étroites entre le phénomène pathologique que nous étudions et la sensation normale nous obligent à analyser le mécanisme de l'activité normale d'un sens, pour en déduire, s'il se peut, les altérations capables de la faire dévier, et tenter d'en fixer l'origine. Un organe externe, la rétine, par exemple, reçoit l'impression des objets extérieurs. Cette impression est conduite par un nerf, optique, acoustique, olfactif ou autre suivant le sens impressionné, jusqu'au ganglion sensitif, masse nerveuse composée de cellules particulières, sorte d'étape ou d'atelier où la vibration nerveuse va subir une première élaboration. Suivant un grand nombre d'auteurs, ce ganglion sensitif ne serait autre que la couche optique O (fig. 1). C'est là que la vibration transmise se spécialise et se transforme en sensation représentant l'objet impressionnant, en une vue, en un son, en un goût, en une odeur, en un attouchement. Mais cette élaboration, si réelle qu'elle soit, nous resterait absolument étrangère si elle n'était reprise à son tour. Des fibres nerveuses partent du ganglion sensitif et vont, en s'irradiant, aboutir à la couche grise corticale du cerveau. Ce sont elles qui, semblables à des fils téléphoniques perfectionnés, tendus entre le bureau récepteur et le point de départ, transmettent la sensation

jusqu'au point ultime où la conscience s'exerce et se laisse impressionner. Tel est le système complet d'un sens. La sensation, arrivée dans cette partie du cerveau qui, d'après les données de la physiologie, concourt aux opérations les plus élevées de l'intelligence, s'y convertit en un acte psychique, en perception de la sensation, c'est-à-dire en con-

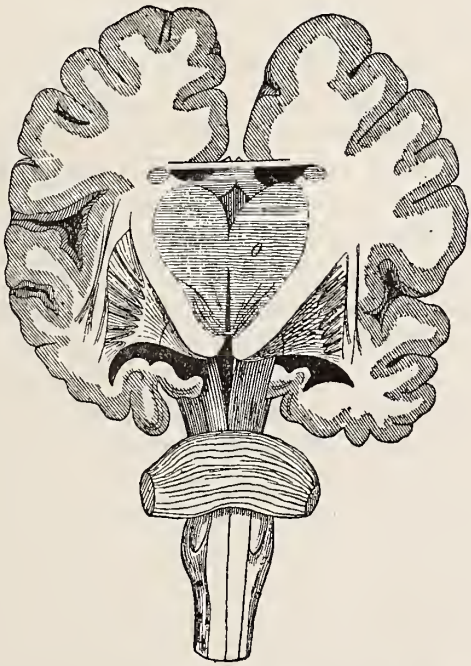


Fig. 1. — Section transversale du cerveau.

naissance, par le moi, de cette sensation. Il est vrai que nous ne prenons pas seulement connaissance d'une impression visuelle, auditive ou autre. Nous avons la faculté de rapporter la perception à l'organe qui a reçu l'impression extérieure. Ainsi il semble que c'est l'œil qui voit, l'oreille

qui entend, etc., tandis que les perceptions se passent dans l'écorce grise du cerveau.

Cette attribution de la perception à l'organe extétieur du sens paraît un effet naturel de l'activité nerveuse du système sensoriel, et non un effet de l'habitude, comme on a pu le supposer L'éducation des organes perfectionne leurs enseignements, complète les notions de couleur, d'étendue, de distance des objets environnants ; mais, dès la naissance, dès que l'organisation du cerveau et des organes sensoriels est presque complète, ce mécanisme fonctionne jusqu'à ses dernières limites. Comme on le pense, ces diverses opérations, que nous pouvons envisager comme se succédant dans un ordre déterminé, pourraient être considérées comme simultanées, à n'envisager que le temps qu'elles prennent pour se produire. On a toutefois pu remarquer qu'il est des individus chez lesquels, naturellement, cette impression est lente ; on a pu constater qu'entre la production et la perception du son il s'écoule parfois une seconde. D'aucuns affirment que, normalement, l'impression sensorielle externe se propage au centre de perception en raison d'une vitesse de 33 mètres par seconde. Nous ne discuterons point ces données ; elles auraient le tort de nous faire perdre de vue qu'en somme une sensation normale n'est qu'une activité centripète qui part de l'organe extérieur du sens, aboutit ensuite à l'écorce grise du cerveau, où l'expression sensorielle externe, devenue une sensation spéciale en traversant le ganglion sensitif de ce sens, a été transformée en perception psychique, et qu'enfin cette perception est rapportée à l'organe extérieur du sens, où il semble que se fait cette perception.

Nous comprenons donc qu'une vibration transmise au nerf acoustique détermine la conscience d'un son dont nous apprécions les caractères, qu'une excitation du nerf optique produise en nous la perception d'une couleur. Voyons comment, en l'absence d'une de ces excitations, surgissent en nous l'idée, la conception formelle, la con-

science intime d'un objet, d'une impression qui n'existent pas. Car telle est bien l'hallucination.

D'innombrables théories ont été émises pour expliquer la nature de ce phénomène pathologique ; pour être sûrs de n'en oublier aucune, nous devrions dire qu'il n'est pas de point du trajet que peut suivre une impression sensorielle normale que l'on n'ait accusé d'être le fauteur de tous les désordres. Ces réminiscences sont inutiles.

Si aucune théorie n'a pu s'imposer d'une façon définitive, on peut dire pourtant que les auteurs, encore divisés, se partagent sur ce point en trois grands courants d'opinion. Pour les uns, l'hallucination est un phénomène d'ordre psychique ; pour les autres,un phénomène d'ordre sensoriel ; pour la plupart enfin un phénomène mixte, c'est-à-dire psycho-sensoriel.

La tendance évidente de l'école moderne est d'admettre à un degré quelconque l'intervention de l'élément somatique. Il est même aisé, tant les preuves s'accumulent, de prévoir la fin de la doctrine purement psychologique qui a brillé d'un si vif éclat.

Les partisans de l'origine psychologique ou intellectuelle prétendaient que l'hallucination n'était que le produit de l'imagination ou de la mémoire. La pensée se métamorphosait en sensation : elle était projetée au dehors sous forme d'image. Pour appuyer cette théorie, ils faisaient remarquer que les hallucinations ne sont en réalité que l'incarnation de conceptions délirantes. Esquirol et Brierre de Boismont soutenaient la doctrine psychologique de toute l'autorité de leur nom. Après eux, il n'est guère possible de lui découvrir un champion de haute valeur. Il est vrai que l'on rappelle encore certaines hallucinations volontaires, assez communes, qui démontrent l'intervention unique de l'imagination dans la production du phénomène. Sont-ce bien là de véritables hallucinations? Ne convient-il pas plutôt de les mettre hors de cause, et de ne les considérer que comme des délires?

Il y a des personnes particulièrement douées, des artistes, des musiciens, des peintres, capables de concentrer de telle sorte les facultés de leur esprit, qu'ils arrivent à se représenter mentalement des images, à concevoir des sons, comme s'ils les voyaient ou les entendaient en réalité. D'autre part, certains malades présentent des hallucinations psychiques. Ils croient posséder ce sixième sens dont nous avons parlé, et en vertu duquel ils ont, disent-ils, la faculté d'entendre le langage d'âme à âme, le langage de la pensée. Mais les premiers, ordinairement sains d'esprit, se rendent bien compte de la nature de leurs impressions, et ne parviennent par la tension de leur esprit qu'à une représentation mentale plus ou moins vive. Les seconds croient à la réalité de ce qu'ils imaginent ; mais ils ont ceci de commun avec les précédents qu'ils s'engagent librement dans le monde imaginaire, tandis que le véritable halluciné est une sorte de possédé à qui l'image fantastique s'impose. De part et d'autre, il reste évident que l'imagination seule est en jeu. En dehors de ces cas qu'il convient de mettre hors de cause, ne peut-on pas réfuter l'interprétation psychologique par des considérations d'ordre rationnel, et par des preuves d'autant plus concluantes qu'elles sont plus palpables ?

Dans l'ordre rationnel, il suffit de rappeler l'impuissance où se trouvent les facultés mentales, même excitées au plus haut degré, de produire ces sensations si nettes et si précises qui constituent la véritable hallucination. On a beau fouetter son imagination, surchauffer à l'excès ses facultés, on ne parvient pas à entendre au dehors un son musical, on ne voit pas des yeux du corps un spectre se dresser devant soi. Dans l'ordre des faits palpables, citons d'abord ce qui a paru un argument décisif aux partisans de la doctrine psychologique. Fréquemment les sourds et les aveugles ont des hallucinations de l'ouïe et de la vue. Le fonctionnement du sens est détruit, et pourtant l'hallucination existe. Mais l'abolition de la fonction ne prouve

pas que l'appareil même soit détruit. A l'autopsie, on a découvert des lésions irritatives dans les organes de sens physiologiquement éteints. La conclusion se retourne donc contre ceux qui invoquaient ces faits à l'appui de leur thèse.

Il y a plus. D'après M. Luys, c'est dans les couches optiques que sont situés les centres qui ont pour mission de recueillir les diverses sensations et de les transmettre, ainsi élaborées, au réseau des cellules de la couche corticale, où elles sont transformées définitivement en idées ; de sorte que, pour cet auteur, c'est dans la perturbation fonctionnelle des centres optiques qu'il faut chercher l'origine réelle de l'hallucination. Or, à l'autopsie de nombre d'hallucinés, on trouva une lésion localisée à celui des centres optiques qui correspondait, suivant l'hypothèse émise, au sens affecté par l'hallucination.

Chez d'autres hallucinés chroniques, il existait très fréquemment aussi des altérations des régions psychiques de l'écorce grise. Mais, encore une fois, il a fallu en conclure que la lésion, d'abord localisée dans la substance grise des couches optiques, s'était irradiée dans les réseaux gris de l'écorce, où elle déterminait finalement un travail similaire d'hyperhémie cérébrale.

Les partisans de l'origine périphérique de l'hallucination, tout en voulant démontrer leur théorie, contribuaient à leur tour à battre en brèche la doctrine psychologique. Chez les hallucinés de la vue, ils constataient l'existence d'opacités cristallines, de cataractes, d'ulcères cornéens ; chez les hallucinés de l'ouïe, des troubles divers de l'organe de l'audition. La guérison de ces troubles amenait du coup la guérison de l'hallucination.

Tous ces arguments ont une valeur considérable et démontrent, à n'en pas douter, la part qui revient à l'élément somatique dans la genèse des hallucinations.

Enfin, s'il fallait une preuve plus convaincante, nous la trouverions dans ce qu'on appelle l'*hallucination unila-*

térale. Nous avons déjà pu signaler l'existence de ces malades singuliers qui ne sont hallucinés que d'un œil, que d'une oreille. Celui-ci n'entend des voix imaginaires que de l'oreille droite, tel autre entend une musique céleste de l'oreille gauche seulement; un troisième ne voit des spectres, des tombeaux, des araignées qu'en ouvrant l'œil gauche, l'œil droit restant fermé. Ces cas, sur lesquels nous aurons à revenir bientôt, attestent que la cause de l'hallucination unilatérale réside dans l'organe lui-même. En effet, s'il est posssible d'admettre à la rigueur que les facultés de l'imagination et de la mémoire, parvenues à un degré excessif de puissance objective, peuvent reproduire une idée ou un souvenir avec les caractères habituels de la sensation normale, au point que l'individu abusé croit qu'il a subi une véritable impression sensorielle, on ne saurait expliquer pourquoi, dans certains cas, cet individu rapporterait constamment à un seul côté du sens un phénomène exclusivement resté de nature intellectuelle.

Écartons donc la théorie de l'origine intellectuelle, et reportons notre attention sur la théorie d'après laquelle les hallucinations partiraient des appareils sensoriaux périphériques.

Dans l'activité normale d'un sens, c'est évidemment l'appareil extérieur, périphérique ou terminal qui est seul impressionné, lui seul qui est mis en activité par un ébranlement venu du dehors. Tout ce qui, à l'intérieur de l'organisme, complète l'appareil sensoriel ne peut que transmettre ou modifier l'impression reçue. Et cette impression elle-même, qu'est-elle, si ce n'est une vibration ou une excitation? Dès lors, il est aisé de concevoir qu'un point lésé dans cet organe périphérique, produisant une irritation ou excitation de cet organe, engendre des conséquences analogues, c'est-à-dire des sensations indûment perçues. De fait, les partisans de l'origine périphérique ne se sentent point embarrassés de donner des exemples de l'extériorité de la lésion chez l'halluciné.

Quantité de personnes ne deviennent hallucinées qu'à la suite de cataracte ou de troubles oculaires uni ou bilatéraux. Si une intervention heureuse parvient à dissiper le trouble oculaire, le trouble mental se dissipe de même. C'est ici que l'hallucination unilatérale est surtout invoquée. Rappelons brièvement quelques faits de ce genre. Il en est d'anciens et non des moins intéressants. En 1845, M. Broussat signale le cas de Jean Lairy, pris de mal de tête à la partie que « tous les phrénologistes considèrent comme le siège des tons, de l'ordre et du calcul. Pendant les exacerbations, Jean Lairy croyait voir et sentir, accolé au côté droit de son corps, un homme en tout malade comme lui. Il oubliait son mal pour ne s'occuper que des douleurs physiques de son ami. Il s'impatientait beaucoup de ce qu'on ne faisait pas assez attention à son compagnon, et surtout de ce qu'on ne lui donnait rien à boire, tandis que lui absorbait tous les soins et toutes les tisanes. » Bodin raconte d'un individu de sa connaissance qui avait un esprit familier « qu'il lui avoit asseuré que depuis toujours il l'a accompaigné, lui donnant un signe sensible, comme le touchant à l'oreille dextre s'il faisoit quelque chose qui ne fût bonne, et à l'oreille senestre s'il faisoit bien ; et, s'il venoit quelqu'un pour le surprendre ou pour le tromper, il sentoit soudain le signal à l'oreille dextre ; si c'étoit quelque homme de bien et qui vînt pour son bien, il sentoit aussi le signal à l'oreille senestre. »

Berbignies raconte « qu'au sortir de son dîner, une heure après midi, son corps est saisi et qu'il entend une voix lui dire à l'oreille : Il faut se coucher ce soir. Avant de répondre, je laissai pendant quatre fois prononcer les mêmes paroles.... Il n'est pas temps encore, dis-je à la personne invisible... Je continue mon chemin, et pendant ce temps, j'entendais souvent à mon oreille se reproduire les mêmes paroles : Il faut se coucher ce soir. » Il était déterminé à ne pas obéir, et le soir il se dirigeait vers une

autre maison, quand il entendit de nouveau la voix qui lui disait d'aller se coucher « *frapper son oreille droite* ». De nos jours, une observation plus attentive dirigée dans ce sens a révélé un grand nombre d'hallucinations unilatérales.

Schrœder van der Kolk rapporte le cas d'une femme poursuivie par un diable qui proférait les blasphèmes les plus affreux. Quand l'aliéniste lui eut demandé de quel côté elle entendait : « Je ne m'étais jamais adressé cette question, répondit-elle, mais en y réfléchissant, je vois que c'est toujours à gauche. » M. Moreau, de Tours, raconte l'histoire d'une jeune aliénée qui entendait des voix de l'oreille droite seulement. Une femme atteinte de monomanie religieuse, citée par Baillarger, percevait par l'oreille droite une musique céleste qui l'exaltait au plus haut degré et qui, comme elle le disait elle-même, la rendait féroce.

Un malade du Dr Régis entendait fréquemment des injures, des épithètes grossières, uniquement par l'oreille droite. Il pouvait provoquer à volonté ces hallucinations, en fermant l'oreille gauche avec la main, et en concentrant l'attention sur un point quelconque ; presque aussitôt, les injures lui arrivaient dans l'oreille droite, distinctement articulées. Il en entendait encore dans son lit quand il reposait, l'oreille gauche fortement appuyée sur son traversin. Or ce malade était affecté depuis l'âge de douze ans d'une otorrhée purulente, localisée dans l'oreille droite.

A Prague, M. Arnold Pick publiait en même temps une observation analogue. Son malade présentait des hallucinations localisées à l'œil gauche et, dans ses visions, il n'apercevait que la moitié supérieure des objets. Or l'examen ophtalmoscopique fit découvrir chez lui une perte du champ visuel limitée à la moitié supérieure de la surface rétinienne.

Un de nos malades, jeune homme de 18 ans, abattu et

émacié, se disait poursuivi par le démon. Celui-ci lui apparaissait surtout le soir. Après quelques signes de croix, il entrait généralement en lutte avec lui, ce qui se traduisait toujours par des coups vigoureux, lutte violente avec quelque compagnon de dortoir qui ne se prêtait guère à l'apparition démoniaque. Nous pûmes reconnaître qu'il s'agissait encore une fois, dans ce cas, d'une hallucination unilatérale. L'œil droit présentait une acuité visuelle très faible : il produisait une perception de brouillard ou d'opacités mobiles. Toujours le malade accusait de ce côté un point obscur dans le champ visuel. Sans se douter de la relation qui existait entre ces symptômes et les hallucinations démoniaques, il avait imaginé plusieurs stratagèmes pour s'assurer un peu de repos. Tantôt il enfonçait la tête dans le traversin de manière à clore l'œil droit, tantôt il couvrait cet organe de la main, et constatait alors la disparition du fantôme terrifiant (1).

Ce qui démontre encore la réalité du désordre périphérique, ce sont les expériences que l'on a faites sur certains hallucinés. Brewster s'aperçut qu'en détruisant le parallélisme des deux yeux pendant une hallucination de la vue, par une pression exercée sur le côté externe d'un des deux globes oculaires, l'halluciné sur lequel il expérimentait voyait en double l'objet de son hallucination, absolument comme l'on voit un objet réel quand on louche. Le docteur Despine fit une expérience semblable. Son malade, hystérique, voyait dans ses extases la sainte Vierge entourée d'anges, telle que la représentent certaines images. Pendant qu'il accusait cette vision, une pression exercée sur l'angle externe d'un des deux yeux, lui fit dire qu'il voyait la Vierge en double, et du doigt il indiquait dans l'espace les deux points où elle se trouvait.

Ces expériences ont été renouvelées à diverses reprises. Un prisme appliqué devant l'œil d'un halluciné a produit

(1) *Bulletin de la Société de médecine mentale de Belgique.*

des résultats analogues. De même, l'occlusion des paupières suffisait souvent pour anéantir l'hallucination. Il est inutile d'étendre outre mesure l'énumération de ces faits. Tout au moins dans de nombreux cas, l'origine périphérique ne saurait donc être mise en doute.

Mais ne pourrait-on interpréter différemment ces phénomènes ? Cette explication satisfait-elle à tous les cas ? On ne saurait le prétendre. Il est des individus dont l'appareil périphérique de la sensation est entièrement détruit, et qui pourtant sont hallucinés. N'avons-nous pas signalé les aveugles et les sourds ? De là, une troisième et dernière théorie : la théorie psycho-sensorielle. Nous avons dit pourquoi les partisans de l'origine psychique de l'hallucination, tout en invoquant certains arguments, étaient loin de nous satisfaire. Ceux qui localisent sa raison anatomique dans les organes périphériques des sens, malgré certains cas où l'intervention des troubles périphériques est évidente, ne sont pas plus capables d'interpréter la généralité des cas. Démontrer l'insuffisance de ces deux théories exclusives sans nier l'intervention de l'élément psychique et de l'élément périphérique, c'est déjà prouver la nécessité d'une théorie psycho-sensorielle où l'on répartirait équitablement le rôle de ces deux éléments. Cette théorie a vraiment l'attrait d'une mission conciliatrice. Elle est la plus plausible, elle explique tous les faits et répond à toutes les objections, elle rattache étroitement les processus de l'activité morbide du cerveau aux processus de son activité normale.

Rappelons, en effet, ce que nous avons dit de l'activité normale d'un sens quelconque. Pour qu'une impression venue du monde extérieur arrive à produire la perception d'un son, d'une image, d'une odeur, ne faut-il pas de toute nécessité que l'organe sensoriel soit mis en activité dans sa partie périphérique, que cette forme de mouvement soit sensibilisée par la suite, et que modifiée elle sollicite enfin l'activité consciente ou psychique, en d'autres termes,

qu'elle aboutisse à l'écorce grise corticale ? La théorie psycho-sensorielle invoque dans l'ordre pathologique une succession de phénomènes semblables, et ce qui lui donne toute autorité, c'est que les meilleures études physiologiques et anatomiques des centres nerveux lui prêtent leur appui. Ces études ont démontré qu'outre les appareils périphériques et les centres d'idéation, il doit exister certains points de la masse encéphalique dans lesquels se terminent les nerfs sensoriaux. C'est là que ces nerfs déposent les impressions, pour qu'elles soient transformées en sensations. C'est de ces centres sensoriaux véritables que partiraient les hallucinations. Que l'excitation primitive ne parte pas toujours de ces centres, cela est peu douteux ; mais qu'elle y passe toujours pour y revêtir le caractère hallucinatoire, cela paraît indéniable.

Quoi de plus naturel d'ailleurs que ce mécanisme ? Étant donné que l'hallucination est la production psychique d'un objet qui n'existe pas, le concours de l'élément phychique et de l'élément sensoriel paraît évident. Mais, si simple que paraisse cette théorie, que de difficultés encore à résoudre avant de l'avoir établie sur des bases solides !

En quel point du système psycho-sensoriel gît l'excitation hallucinatoire ? Si cette origine peut être variée, quel trajet cette stimulation maladive suivra-t-elle ? Et tout d'abord, ces centres sensoriaux, où existent-ils ? Leur localisation est-elle bien précise ? Il paraîtrait que cette dernière question domine toutes les autres, et que, pour avoir le droit d'assigner un rôle prépondérant à un organe quelconque, il faut tout d'abord savoir le localiser. Or cette question primordiale est encore débattue de nos jours. Certes, au cours de cette étude, nous avons rencontré plus d'une controverse : ce n'était rien encore. Voici qu'au moment même où nous avons besoin de faire preuve d'une entière assurance, nous tombons dans les plus épineuses discussions. Une première opinion, soutenue surtout par M. Luys, prétend que le centre sensoriel, c'est la couche optique ; une

autre, patronée par Tamburini, place ce centre beaucoup plus haut, dans la couche corticale elle-même.

Écoutons d'abord M. Luys. La couche optique serait, à proprement parler, le centre de l'hémisphère auquel elle appartient. Aussi est-elle l'aboutissant de la plupart des fibres cérébrales, lesquelles, émergées des profondeurs de l'écorce, viennent se juxtaposer les unes à côté des autres comme de véritables rayons convergents. Ces fibres pénètrent dans sa masse, et se perdent sous forme de minces filaments dans ses noyaux isolés. Elles s'y combinent et établissent des rapports intimes entre les cellules des régions périphériques et celles des régions centrales. D'autre part, le contingent des fibres irradiées de la périphérie sensorielle y aboutit de la même manière. Ce noyau central de l'hémisphère est composé à son tour de quatre noyaux ou petites agglomérations nettement isolées de substance grise, comme l'indique la figure schématique (fig. 2). Le noyau antérieur est l'aboutissant extrême du nerf olfactif. — Le noyau moyen, plus volumineux, est en relation avec le nerf optique. Le noyau médian paraît être le lieu de passage des impressions sensitives avant leur irradiation vers l'écorce. Le noyau postérieur est en rapport avec les impressions acoustiques. D'après ces éléments d'anatomie, on devine le rôle physiologique assigné par M. Luys à la couche optique. C'est par l'intermédiaire des cellules des couches optiques que celles de l'écorce entrent en vibration. C'est par elles qu'elles s'ébranlent et reçoivent l'influence du monde extérieur. Les noyaux des couches optiques sont donc les portes incessamment ouvertes par lesquelles le monde extérieur, sous forme de vibrations sensorielles, agite incessamment notre sensorium. Au point de vue de la pathologie mentale, il en résulterait que, si les cellules des couches optiques, sous l'influence d'irritations locales ou avoisinantes, viennent à se mettre en vibration, les cellules satellites de l'écorce entreront elles-mêmes fatalement en action, et recevront, comme des incitations

réelles dérivées du monde extérieur, des suggestions d'origine purement subjective et créées sur place.

M. Luys appuie cette théorie sur un certain nombre de preuves anatomiques et physiologiques, dont d'autres

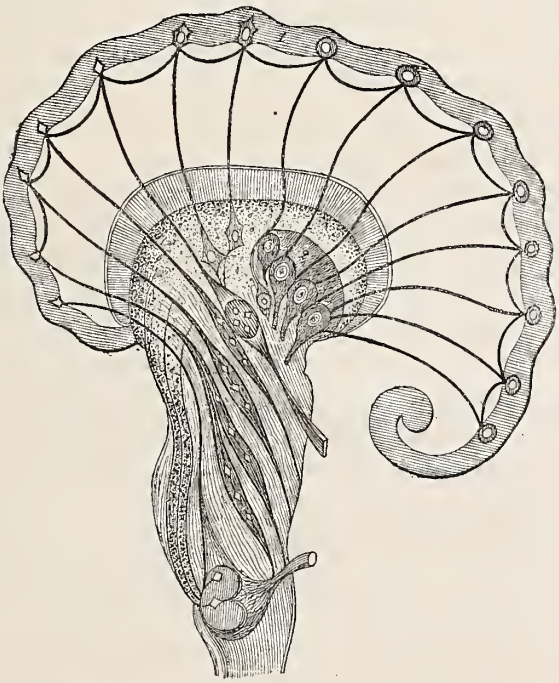


Fig. 2. — Schéma des rapports de l'écorce et des noyaux centraux, dans le sens antéro-postérieur du cerveau. 1. Couche grise corticale. 2. Couche optique. 3. Noyau thalamique antérieur. 4. Noyau moyen. 5. Noyau médian. 6. Noyau postérieur.

auteurs ont encore augmenté le nombre. A l'autopsie d'hallucinés, il a constaté des lésions portant sur l'écorce et sur la couche optique en particulier.

Sur l'écorce, les lésions se présentent avec un caractère d'hypertrophie localisée. Ainsi, la lésion caractéristique

qu'on y rencontre, c'est une saillie d'une partie des circonvolutions qu'on désigne sous le nom de lobule paracentral, existant soit isolément dans un hémisphère, soit simultanément dans les deux hémisphères. Cette saillie n'existe pas à l'état normal.

Elle dénote en cette place une vitalité plus énergique en rapport avec la turgescence. Que si elle est parfois unilatérale, c'est un des arguments les plus péremptoires en faveur de l'indépendance fonctionnelle des lobes cérébraux. Elle fait comprendre la coexistence possible de la lucidité et de l'hallucination.

L'écorce présente encore des lésions atrophiques qui se traduisent par la diminution du poids général des lobes cérébraux et la régression des circonvolutions. L'écorce participe donc aux processus irritatifs qui sont tout d'abord localisés dans les noyaux des couches optiques, et l'excitation sensorielle morbide retentit directement dans les sphères psychiques. Tout processus hallucinatoire est donc fatalement psycho-sensoriel ; plus tard seulement, par le fait de la rétrocession du facteur sensoriel, il devient exclusivement psychique.

Si l'on poursuit l'autopsie et que l'on envisage les *couches optiques*, on y découvre des désordres multiples, dégénérescences, petits noyaux hémorragiques, cavités aréolaires disséminées, hyperhémies partielles.

L'élément sensoriel subit donc les mêmes incitations, et l'halluciné accuse nettement un trouble soit visuel, soit auditif, soit sensitif quelconque. A une phase plus avancée, les régions de l'émission première, soit par l'usure de leurs éléments actifs, soit par le fait de l'envahissement du travail régressif, deviennent silencieuses, et alors la stimulation pathologique, qui s'est propagée fatalement dans les réseaux de l'écorce, continue à être vivace et persistante. De fait, c'est bien ainsi que se montre l'halluciné. D'abord il présente des incitations sensorielles nettement accusées. Cette phase est plus ou moins longue. Plus

tard, la phase psychique est enchaînée à la première. L'aliéné est devenu silencieux et absorbé. Le monde extérieur ne l'impressionne plus, et bientôt la démence éteint définitivement la vie intellectuelle.

Cette migration pathologique d'un département à un autre n'a, du reste, rien qui doive étonner. La propagation des manifestations hystériques à travers le système nerveux la rappelle parfaitement. Au début, les stimulations émergent des foyers de l'innervation ovarienne. Peu à peu, elles changent de milieu, se portent sur les plexus gastriques, mettent en branle toutes les sensibilités viscérales, les abandonnent bientôt pour se propager le long des plexus œsophagiens. Elles déterminent alors les spasmes de strangulation si caractéristiques de l'hystérie convulsive. D'étape en étape elles éclatent dans les régions de l'encéphale, amènent enfin les désordres bizarres et variés de la manie hystérique.

Si ces déplacements successifs n'ont donc rien qui doive surprendre, si l'on s'explique aisément que la couche optique cède en quelque sorte ses désordres sensoriels au lobule paracentral de la couche corticale, où ils se traduisent par le délire, la théorie de M. Luys et de ses adeptes triomphe-t-elle de toutes les objections?

Nous n'oserions le dire. Cette théorie fait-elle, du reste, la part assez large à l'influence psychique? Sur ce point notre hésitation n'est pas moins grande. Mais, comme cette dernière objection doit se produire également au sujet de la théorie de M. Tamburini, nous la négligerons pour le moment. S'il convient dès à présent d'établir des réserves, c'est au sujet du rôle même que M. Luys attribue à la couche optique. Tout le monde est loin d'être aussi affirmatif que lui. En dehors de l'acte visuel, certains faits rendent assez douteuse l'intervention de la couche optique dans la production des impressions sensorielles. Les recherches anatomiques de Meynert, les études physiologiques de Schiff et de Lussana, les observations cliniques

de Vulpian, de Crichton Browne et de beaucoup d'autres feraient plutôt croire que la couche optique est en rapport avec les mouvements. Qu'on lui accorde des fonctions sensorielles, même multiples, qu'on la considère comme voie de passage, comme point d'arrêt des sensations, nous ne ferons point de difficulté pour l'admettre. Ce qu'il n'est plus possible de concéder, c'est que les fibres sensorielles s'y terminent et que l'évolution de l'impression sensorielle s'y achève. Des travaux récents, des observations cliniques attestent que les centres sensoriaux existent dans l'écorce cérébrale elle-même. M. Tamburini est l'un de ceux qui ont le plus contribué à établir cette interprétation.

La théorie des centres sensoriels certicaux n'est cependant point récente. Déjà en 1851, Panizza croyait démontrer que toutes les circonvolutions des lobes postérieurs du cerveau concourent à la fonction visuelle. Ses recherches montrent une sagacité surprenante pour l'époque où elles se produisirent. Il détruisait des circonvolutions chez des chiens pour constater les effets de ces lésions sur la vue, et il constatait qu'en enlevant un peu de substance en un point déterminé, il ne produisait autre chose que la cécité du côté opposé. En énucléant le globe oculaire pour suivre plus tard les processus atrophiques dans les parties centrales et corticales du cerveau, il remarquait que l'atrophie envahissait la couche optique et les faisceaux médullaires venant de la partie postérieure de l'hémisphère cérébral. Des faits cliniques ont démontré que, chez l'homme, les choses se passent de la même manière.

D'autre part, il résulte des travaux consécutifs de Ferrier et de Munck que le centre visuel occupe le lobe occipital, et le centre auditif le lobe temporal. Jusqu'ici on concluait que la cécité et la surdité consécutives à la destruction de ces centres ne consistaient point en une abolition vraie de la fonction ; c'étaient des surdités ou des cécités psychiques, c'est-à-dire, une perte de la mémoire

des images visuelles et auditives, des impressions déposées dans les centres eux-mêmes.

Mais M. Tamburini prétend démontrer que la cécité et la surdité produites par la destruction de ces centres sont une abolition propre et réelle de la faculté sensorielle. Ces localités ne serviraient donc pas seulement de dépôt aux images mnémoniques des sensations, ce seraient des centres propres de perception. Examinons brièvement les arguments en faveur de cette thèse.

Il est inutile de nous arrêter sur les faits d'ordre anatomique qui établissent d'une façon positive l'existence de centres sensoriaux où toutes les impressions venant de l'extérieur se concentrent, pour se transformer en perceptions et s'y déposer en images mnémoniques. « De même, ajoute Tamburini, qu'un centre moteur excité produit des mouvements désordonnés et intenses, de même l'excitation d'un centre sensoriel doit produire des sensations pathologiques. » En quoi consisteront-elles ? En images mnémoniques des impressions reçues, qui sortiront des centres où elles étaient déposées et se présenteront à la conscience. Quand ces images sont évoquées avec leurs caractères véritables, nous avons affaire à une hallucination. Il s'ensuit que l'hallucination résulte d'un état irritatif des centres sensoriaux de l'écorce, et que la couche optique reste absolument étrangère à la figuration de l'image hallucinatoire.

M. Tamburini fait remarquer que cette théorie est en harmonie avec les faits physiologiques, celui de Ferrier par exemple. Par l'irritation électrique des zones sensorielles superficielles d'un animal, Ferrier provoquait des mouvements de l'oreille et de l'œil. Cet expérimentateur prétendait que, si l'animal tournait les yeux ou inclinait les oreilles, c'est qu'il percevait des impressions réelles, des sensations subjectives.

Cette théorie serait en outre fortifiée par l'observation de certains faits cliniques. Ainsi, la vue fut perdue à la

suite d'une lésion du centre cortical périphérique et, pendant toute la période irritative, il y eut des hallucinations visuelles. Si les faits cliniques sont peu nombreux, c'est qu'il s'agit d'un phénomène transitoire ne se présentant ordinairement que dans les premiers stades des psychoses, c'est-à-dire, dans la période d'irritation, qui persiste rarement jusqu'à la mort. Que si l'individu meurt au cours de l'état hallucinatoire, comme il ne s'agit que d'un état irritatif, il est peu visible.

M. Tamburini prétend expliquer par cette théorie tous les cas d'hallucinations apportés par les partisans des origines périphérique, centrale, ou psycho-sensorielle.

Il est vrai que, pour satisfaire les partisans de l'origine périphérique, qui invoquent à bon droit la projection au dehors d'une image subjective d'origine centrale, ce dont témoigne la curieuse expérience du déplacement ou redoublement de l'objet de l'hallucination par la pression sur l'œil ou l'emploi du prisme, il reconnaît que l'excitation morbide du centre sensoriel se propage à tout l'appareil jusqu'à sa terminaison périphérique.

Cette concession engendre de nouvelles difficultés. Car, l'état irritatif étant général, pourquoi ne pas admettre que c'est le désordre périphérique qui engendre à son tour la perception fictive? Cette explication aurait au moins l'avantage de rapprocher l'activité morbide sensorielle de son activité normale.

Par contre, l'hypothèse des centres sensoriels explique bien comment une personne dont l'esprit a toujours été sain, ou l'est redevenu, peut avoir des hallucinations tandis que l'intelligence reconnaît parfaitement l'erreur.

Tient-elle un compte suffisant de l'élément intellectuel dans la genèse de l'hallucination. Nous ne le pensons pas. Si grave que soit le sujet, la description de M. Tamburini ne laisse pas que de nous rappeler la boîte à surprise. Si l'on en presse le ressort, la boîte s'ouvre avec fracas, et un diable à figure grimaçante se projette au dehors. Quoi

que l'on fasse, c'est toujours le même personnage qui se dresse, celui que l'on y a mis. Ainsi du centre sensoriel, ne fournissant jamais que des images reçues, grâce aux sensations antérieures, images qui surgissent dès que l'état maladif presse le ressort. Les organes qui environnent les centres, et où s'exercent les facultés supérieures de l'âme, sont rejetés dans l'oubli ! Il est pourtant possible de montrer par des faits que nous ne pouvons méconnaître l'intervention active de l'intelligence. Il existe certaines hallucinations que l'on désigne sous le nom d'hallucinations volontaires. Tel malade signalé par le docteur Parant, mécontent des réponses qu'on lui donne, se retire dans quelque recoin, et là, il veut se mettre en rapport avec un personnage imaginaire auquel il demandera une réponse satisfaisante. Bientôt il le voit, et la conversation s'engage. L'hallucination est complète, et pourtant la volonté en est le premier facteur, et l'objet de l'hallucination ne rappelle aucune personne précédemment enregistrée dans cette sorte d'album ou de casier à images qu'on appelle le centre sensoriel cortical. Ici le système sensoriel n'a donc fonctionné que postérieurement à l'intelligence, et les vibrations anormales du système sensoriel sont évidemment à elles seules impuissantes à produire une diversité de mots, de sensations, telle qu'elle résulte de la conversation suivie avec le personnage hallucinatoire. Dans ces hallucinations volontaires, on ne peut certes voir le résultat d'un simple automatisme ou de la mise en jeu des propriétés réflexes de la cellule cérébrale.

Le docteur Magnan a publié récemment une étude sur les hallucinations bilatérales de caractère différent suivant le côté affecté ; nous en tirerons quelques cas capables de démontrer l'intervention active tant de l'élément psychique que du centre sensoriel cortical. Dans ces cas, l'hallucination est bilatérale, mais elle se montre avec des caractères qui varient selon le côté. L'oreille droite, par exemple, entend des choses agréables, tandis que l'oreille gauche n'en-

tend que des injures. Cette dualité symptomatique, encore peu étudiée jusqu'ici, mérite de fixer l'attention. A notre point de vue, il importe surtout de remarquer que l'hallucination suit une marche parallèle aux conceptions délirantes. L'hallucination comme le délire, après avoir présenté à l'origine un caractère pénible, affecte plus tard un caractère ambitieux en harmonie avec les idées expansives du délire.

Un forgeron, épileptique dès l'âge de 14 ans, présente à 26 ans un délire nettement accusé. Il imagine que des camarades l'injurient, le menacent, et il commence à entendre par l'oreille droite des propos grossiers : « tête de cochon, hure de cochon, bon à tuer, fainéant ; » c'est de ce côté aussi que, plus tard, le diable lui parle et que se trouve le mauvais génie. Au milieu des idées tristes, se font jour peu à peu des préoccupations d'un autre ordre. Il doit faire, dit-il, un héritage de plus d'un million qui s'accumule depuis sept générations. Pour se rapprocher de la voûte céleste, il se loge sous les toits, dans les maisons les plus élevées ; il fait des découvertes, il cherche le point central du soleil, et voit à travers à l'aide d'un instrument de sa composition. De plus en plus orgueilleux, il en arrive à se demander s'il n'est pas le fils de Dieu. A ce moment, les injures perçues par l'oreille droite diminuent, et il commence à entendre des encouragements, des éloges, mais c'est par l'oreille gauche. C'est par là qu'on lui dit souvent des choses qui le font rire. Dieu lui-même lui conseille de persister dans le bien. C'est à gauche que se tient le bon génie.

Ces hallucinations marchent donc d'un pas égal avec le délire. Si de part et d'autre un même trouble fonctionne, *une sonnerie* se produit, le malade lui donne une interprétation différente suivant qu'elle siège à droite ou à gauche. Peut-on démontrer plus nettement l'influence psychique sur des centres sensoriels anormalement excitables ?

Un ancien alcoolique ayant séjourné dans divers asiles

raconte qu'il entend des voix, deux individus dont l'un l'injurie et l'autre le console. L'insulteur lui parle à gauche, le traite d'imbécile, d'animal, critique son travail. Le protecteur intervient par l'oreille droite, l'encourage et le console. D'autres voix s'ajoutent souvent aux premières, parlent tantôt simultanément, tantôt les unes après les autres ; mais chaque groupe conserve son côté, sans se départir de son langage particulier.

Un autre malade, à sa seconde rentrée à Sainte-Anne en 1881, pendant plus de dix jours entendait par l'oreille droite des propos convenables, des paroles édifiantes sur Dieu, la sainte Vierge ; par l'oreille gauche, au contraire, arrivaient des discours orduriers et des obscénités diaboliques.

Empruntons à M. Dumontpallier un exemple plus saisissant encore, en ce sens que les résultats sont obtenus par l'hypnotisme. Après avoir placé un malade de la Pitié dans un état de somnambulisme, il lui dit à l'oreille droite qu'il fait beau et que le soleil brille, pendant qu'une autre personne lui dit à l'oreille gauche qu'il pleut. Du côté droit le sujet sourit, tandis qu'à gauche l'abaissement de la commissure labiale traduit le désagrément que cause le mauvais temps. Puis, continuant l'expérience et faisant intervenir la vue et l'ouïe, on décrit à l'oreille droite le tableau d'une fête champêtre à laquelle prennent part des jeunes filles et des jeunes gens ; ce tableau, perçu par l'hémisphère cérébral gauche, excite le sourire sur la moitié droite du visage ; à gauche, au contraire, le visage exprime l'émotion causée en imitant de ce côté l'aboiement d'un chien. Ce fait curieux appelle quelques observations. L'hypnotisme est sans doute difficile à interpréter ; mais nous savons qu'il exerce spécialement son influence sur les facultés intellectuelles. On abolit chez le malade hypnotisé la conscience, le jugement, la volonté ; on abolit momentanément l'exercice de la mémoire, et on suscite telle idée que l'on veut. Apparemment, chez le malade cité, c'est

l'élément psychique qui, placé dans des conditions spéciales, a subi la première impression. Cette impression n'a pu faire naître qu'une idée, et cependant l'aspect de la face témoigne qu'il subit l'apparition d'images en sens divers. Des centres sensoriels ont donc été mis en activité. Car, sans leur intervention, on n'aurait pu produire qu'une simple réminiscence, et personne, pensons-nous, ne pourrait s'arrêter à cette interprétation.

De l'examen des divers systèmes que nous venons d'exposer, il résulte qu'un certain nombre d'interprétations nous paraissent peu contestables. Nous les résumons dans les propositions suivantes :

1° L'organe périphérique lésé peut être le point de départ de l'hallucination ; il ne peut l'engendrer de toutes pièces.

2° L'élément psychique doit intervenir nécessairement ; à lui seul, il ne peut produire qu'une réminiscence, et non une image comme l'exige l'état hallucinatoire.

3° La couche optique n'est pas seulement un lieu de passage pour les impressions sensorielles. Sa nature complexe, les noyaux qui la composent démontrent une intervention plus active. S'il est démontré que des centres de perception existent plus haut, on ne peut vraisemblablement que lui assigner un seul rôle, celui d'élaborer l'impression, de la sensibiliser.

4° L'existence de centres sensoriaux dans l'écorce grise est démontrée avec une certitude non moins grande. Sans doute, ils sont le réceptacle des images mnémoniques, des impressions reçues ; c'est là que la conscience vient prendre connaissance des impressions du monde extérieur. Mais l'hallucination n'est pas une simple réminiscence; l'élément psychique la stimule, la développe, et souvent la précède. Il ne faut donc pas écarter ce dernier concours et réduire l'état hallucinatoire à l'automatisme des cellules cérébrales sensorielles.

En admettant qu'à chacun des organes soient dévolues

les fonctions que nous leur assignons, l'interprétation du phénomène hallucinatoire peut se faire sans difficulté. Ce qui est anormal dans le mécanisme de l'hallucination serait uniquement, comme l'a fait ressortir le docteur Despine, la direction du mouvement vibratoire, qui de centripète devient centrifuge.

Dans une hallucination, ce n'est pas un objet réel, extérieur, qui est l'objet de la sensation perçue ; mais cet objet peut être fourni par un acte psychique, par la mémoire ou par l'imagination. Interprétons ce premier cas. Une excitation prenant ainsi naissance dans les cellules qui conservent les empreintes des objets antérieurement connus, c'est-à-dire dans les centres sensoriels corticaux, y provoque les idées qui font l'objet de l'hallucination. Jusqu'ici, c'est une simple réminiscence ou une création imaginaire. Mais le mouvement vibratoire de ces cellules se propage au ganglion sensitif d'un ou de plusieurs sens, c'est-à-dire à la couche optique, par une activité centrifuge anormale, au moyen des fibres qui font communiquer le centre psychique avec ce ganglion. L'idée se transforme en sensation, comme le ferait l'ébranlement produit dans ce ganglion par une impression venue d'un objet réel, qui lui serait transmise par l'organe externe. Cette idée, ainsi sensibilisée et renvoyée à l'organe de perception, c'est-à-dire à l'écorce du cerveau, est perçue absolument comme si la sensation ganglionnaire avait une origine externe. Ainsi peut s'expliquer l'hallucination chez l'aveugle, chez le sourd, dont l'organe sensoriel externe est détruit.

Mais ordinairement l'ébranlement s'étend au delà de la couche optique. Il se propage jusqu'à l'organe externe du sens et l'impressionne. Les expériences citées le démontrent. Dès lors l'impression fictive se confond avec l'impression réelle et, retournant au centre nerveux de perception, elle suivra une marche centripète naturelle. — Il n'y a pas de raison pour que cette perception ne soit pas rapportée ensuite, comme dans l'activité sensorielle normale, à l'organe externe du sens.

Qu'on n'objecte point la difficulté de concevoir qu'une vibration partant du cerveau transmette une idée à un centre sensitif pour y être sensibilisée; car il faut bien admettre que, dans l'activité normale d'un sens, une simple vibration extérieure se modifie en sensation, laquelle à son tour devient une perception.

La difficulté n'est-elle pas la même? Malgré l'imperfection de nos connaissances, n'avons-nous pas déjà réussi à réaliser des modifications non moins étonnantes? Le phonographe ne recueille-t-il pas une vibration sonore, qu'il transforme en un simple tracé graphique, tandis que celui-ci, repris en sens inverse, se traduit à son tour en un son

L'anomalie, ainsi interprétée, explique pourquoi ce phénomène peut coïncider avec l'intégrité complète de la raison, comme parfois on le remarque, bien qu'elle corresponde généralement à un état d'excitation cérébrale, à une tension exagérée de l'esprit.

Mais la cause excitatrice ne réside pas toujours dans le cerveau cortical. Elle peut naître dans une partie quelconque de l'organe sensoriel, ou dans les fibres blanches qui font communiquer le centre cortical avec le ganglion sensitif, ou dans ce ganglion lui-même, ou dans le nerf qui apporte à ce ganglion les impressions du monde extérieur recueillies par l'organe périphérique, enfin dans ce dernier organe. Pour l'interprétation de ces divers cas, il suffit de rappeler que la vibration, quel qu'en soit le point de départ, viendra aboutir aux cellules du centre cortical qui conservaient des empreintes diverses, les fera revivre, puis que cet ébranlement cérébral se propagera au moyen d'une activité nerveuse anormale au ganglion sensitif pour y être sensibilisé. En retournant au cerveau il deviendra une perception. Sans doute, pour que l'hallucination se produise, il faudra que l'image soit vive et se superpose en quelque sorte sur les objets réels perçus en même temps, empêchant ainsi la perception des objets

réels qui occupent la même place dans l'espace, ou que tout au moins l'image rende cette perception plus obscure; car une impression normale, si elle est plus vive que l'impression sensorielle anormale, détruit l'hallucination. C'est ainsi que l'apparition de la lumière dissipe les apparitions nocturnes, et que l'attention vivement sollicitée les écarte également.

Il n'est pas moins certain que les couches corticales, même en l'absence de lésions matérielles, doivent se trouver dans une sorte d'éréthisme, d'excitabilité particulière, que ce trouble fonctionnel provienne d'une tension prolongée de l'esprit, ou de la pratique de l'hypnotisme, ou de quelque influence encore moins saisissable.

Telle est la théorie qui nous paraît actuellement expliquer le mieux l'une des anomalies les plus obscures de notre organisme. On peut certes en contester la certitude absolue. Mais, une théorie médicale ne pouvant prétendre à tant d'assurance, il nous suffit de la concilier avec les découvertes les plus récentes de la physiologie pathologique.

Dr Cuylits.

LA SCIENCE, LA MÉTAPHYSIQUE, LA FOI [1]

Dans l'étude des grands problèmes de la nature, de la vie, de l'âme, des origines et de la destinée, nous sommes constamment en présence d'une triple affirmation : affirmation de la science, de la philosophie, de la foi. Il est donc nécessaire de bien déterminer, de définir exactement l'autorité réelle de chacun de ces moyens de connaître, de limiter le domaine qui lui est propre, de prouver son indéniable légitimité. Il est nécessaire d'établir, dans l'immense champ de la connaissance, la séparation des pouvoirs, la division du travail.

Cette étude a une importance capitale, on le comprend ; il s'agit de montrer la nature et la valeur des divers *criterium* de certitude dans la controverse doctrinale ; il s'agit de poser la base scientifique de nos raisonnements et de nos conclusions. Pour plus de clarté, nous examinerons successivement l'autorité de la science, l'autorité de la métaphysique, l'autorité de la foi.

(1) M. le chanoine Duilhé de Saint-Projet, professeur d'éloquence sacrée et d'apologétique chrétienne à l'Institut catholique de Toulouse, publiera dans quelques semaines un ouvrage intitulé : *Programme d'une apologie scientifique de la foi chrétienne*. Il a bien voulu nous en communiquer l'introduction générale, que nous insérons ici. Nous lui en adressons de vifs remerciements qui, nous en sommes sûrs, seront ratifiés par tous nos lecteurs.

I. — AUTORITÉ DE LA SCIENCE.

On sait le rang qu'occupe M. Berthelot parmi les savants contemporains. Voici comment il définit « la science positive », c'est-à-dire la vraie science, pour la séparer de « la science idéale », hypothétique, fantaisiste. Je choisis à dessein le témoignage d'un maître autorisé et peu suspect de mysticisme : « La science positive ne poursuit ni les causes premières, ni la fin des choses ; mais elle procède en établissant des faits, et en les rattachant les uns aux autres par des relations immédiates...; l'esprit humain constate les faits par l'observation et par l'expérience ; il les compare, il en tire des relations, c'est-à-dire des faits plus généraux, qui sont à leur tour, et c'est là leur seule garantie de réalité, vérifiés par l'observation et par l'expérience. C'est la chaîne de ces relations, chaque jour étendue plus loin par les efforts de l'intelligence humaine, qui constitue la science positive (1).»

On ne saurait s'exprimer plus correctement, on ne saurait décrire en termes plus exacts la méthode rigoureuse, logique, inattaquable de la vraie science, et nous acceptons d'avance, au nom de la philosophie et de la théologie, toute vérité naturelle, tout progrès, toute découverte ainsi constatés, démontrés et contrôlés.

Les savants les plus autorisés qui se sont occupés de la vraie méthode scientifique, pouvant seule amener à la certitude, ont tenu le même langage. Nous pourrions multiplier les citations, nous choisissons parmi les maîtres.

« Le caractère essentiel de tout fait scientifique, écrivait Claude Bernard, est d'être déterminé ou du moins déterminable. Déterminer un fait, c'est le rattacher à sa cause immédiate et l'expliquer par elle.» « La science expéri-

(1) *La science idéale et la science positive.* Lettre à M. Renan.

mentale, dit à son tour M. Pasteur, est essentiellement positiviste, en ce sens que, dans ses conceptions, jamais elle ne fait intervenir la considération de l'essence des choses, de l'origine du monde et de ses destinées. »

Les sciences possèdent donc des méthodes qui leur sont propres, rigoureusement logiques, et qui conduisent, lorsqu'elles sont fidèlement suivies, à de véritables certitudes. Cela est vrai pour toutes les sciences sans exception.

Prenons, par exemple, la géologie, une des plus jeunes, on peut dire qu'elle datera de ce siècle, une des plus complexes, car elle réclame le concours d'un grand nombre d'autres sciences particulières, et enfin une des plus importantes dans la controverse religieuse. Elle est encore environnée d'obscurités, hérissée de problèmes, surchargée d'hypothèses et de théories contradictoires; elle est néanmoins en possession de véritables certitudes, de conclusions indéniables, absolument démontrées : la haute antiquité du globe, l'existence d'une période azoïque et le passage de l'inorganique à l'organique, le développement progressif de la vie, l'apparition relativement récente de l'homme, etc.

Ce n'est pas tout. A côté des certitudes, des conquêtes définitives de la science, il y a des hypothèses fondées sur de fortes probabilités, sur des analogies sérieuses, autorisées par la méthode la plus sévère. Ce sont bien souvent des intuitions de génie, qui se fortifient chaque jour du témoignage de quelque fait nouveau, de quelque expérience nouvelle. Il importe, sans doute, de leur conserver le caractère d'hypothèse, de ne pas les confondre avec les vérités rigoureusement démontrées ; mais il serait imprudent, il serait dangereux de les condamner à la légère, de n'en pas tenir compte dans la controverse philosophique ou religieuse, dans les interprétations exégétiques.

« Dans tout ce qui n'est pas d'intuition immédiate, dit Ampère, il n'y a point de plus grande certitude, que celle qui repose sur une hypothèse démontrée.... Toute science de fait se compose d'abord d'hypothèses, qui deviennent

des lois plus ou moins certaines, selon le degré de leur confirmation expérimentale. » La conception de la nébuleuse primitive, née d'une pensée de Descartes, adoptée par Kant et par Herschel, formulée surtout par Laplace, est une magnifique et féconde hypothèse qui éclaire d'un jour merveilleux le problème de la formation des mondes. «La physique moderne, considérée dans son ensemble, est une grande hypothèse en voie de confirmation (1).»

Mais s'il est raisonnable, s'il est nécessaire, dans l'intérêt même de la vérité religieuse, de reconnaître l'autorité de la science positive, d'accueillir comme une richesse nouvelle chacune de ses certitudes, de suivre attentivement la vérification de ses hypothèses sérieuses, il n'est pas moins nécessaire de se tenir en garde et de repousser, au nom de la science même, toute contrefaçon. M. Berthelot n'a pas été moins heureux lorsqu'il a défini d'un mot la science « idéale » aventureuse, dont les conclusions, — les seules que la métaphysique chrétienne eut jamais à combattre, — « ont pour principal fondement, dit-il, les opinions individuelles et la liberté (2) », c'est-à-dire la fantaisie.

Sa méthode, si tant est qu'elle puisse en avoir une, est directement opposée à la vraie méthode expérimentale. Loin de s'en tenir aux relations immédiates des phénomènes, de suivre, anneau par anneau, la chaîne de fer du déterminisme scientifique, elle arrive par bonds à des conclusions extrêmes ; elle s'affranchit de l'analyse minutieuse des faits, condition indispensable de toute induction légitime ; elle s'affranchit du soin de vérifier ses affirmations par la contre-épreuve de l'expérience, seule garantie de toute certitude inductive ; elle systématise sans cesse, transforme des hypothèses gratuites, souvent grotesques, en théories définitives, et prétend atteindre l'essence, les causes premières, l'origine et la fin des choses.

(1) Ernest Naville, *Logique de l'hypothèse ; La Physique moderne*, p. 41. P. De Smedt, *Principes de la critique*, ch. xv. De la Conjecture.

(2) Berthelot, *loc. cit.*

Ici, plus que partout ailleurs, les preuves abondent ; le vaste champ de la science est jonché d'hypothèses en ruines, encombré d'hypothèses en construction. Affirmations téméraires, conclusions prématurées, synthèses aventureuses, c'est une véritable contagion dans la science moderne enivrée de son succès. Les plus glorieux et les plus sages de ses représentants ne cessent de le constater et de s'en plaindre. Il y a telle école extrême, indépendante, anarchique, où, comme le disait Fichte, « le *moi* pose le monde et crée la nature », interprète les faits selon des idées préconçues, et ne craint pas « d'inventer des types non existants pour le besoin de ses théories». Tout cela se fait et se dit avec ce ton dogmatiseur et rogue qui en impose si facilement à la naïveté des masses, et qui rappelle un personnage de comédie : « Je suis sir Oracle, quand j'ouvre la bouche qu'on ne laisse pas un chien aboyer. »

Quelques exemples, pris çà et là, peuvent seuls donner une juste idée de ces audaces ou de ces fantaisies scientifiques. Un bon recueil de ce genre formerait un des plus piquants chapitres de l'apologétique contemporaine.

Le parangon du matérialisme savant en Allemagne, Hæckel, pour concilier l'idée d'âme ou de force vitale avec sa théorie monistique et mécanique de la vie, soutient très sérieusement cette facétieuse hypothèse : Chaque molécule organique, qu'il nomme plastidule, est douée d'une âme ; la réunion de ces petites âmes plastidulaires constitue l'âme de la cellule, et l'ensemble des âmes cellulaires forme ce qu'on est convenu d'appeler âme dans un être organisé, homme, animal ou plante. Il conviendrait d'ajouter, pour être complet, que « le cerveau, particulièrement chargé des fonctions plus complexes connues sous le nom de pensée, d'intelligence, de raison », renferme des plastidules privilégiées qui contribuent à la formation des « cellules psychiques ».

Si l'on demande quelle est la nature des âmes plastidulaires, infinitésimales, Hæckel répond par une seconde

hypothèse, encore plus bizarre et plus obscure que la première : « L'âme de la plastidule est un mouvement ondulatoire rythmique, ramifié... qu'on peut toujours ramener à la mécanique des atomes ». On le voit, le matérialisme n'y perd rien, et la logomachie scientifique y gagne une formule nouvelle.

Autre exemple. Dans la question si vivement débattue du poids de l'encéphale et de ses rapports avec l'intelligence, des observations incomplètes ou précipitées ont conduit plus d'un savant à des généralisations bizarres, presque aussitôt démenties par des faits contradictoires. Un docteur français, M. Le Bon, était déjà parvenu à jauger l'intelligence dans le cerveau comme un liquide dans son fût ; il apporte des chiffres : le gorille, 148 centimètres cubes ; le nègre, 204; l'ancien Égyptien, 353; le Parisien du temps de Louis XIV, 472; le Parisien moderne, 593. Ainsi, depuis le grand siècle, l'intelligence du Parisien a grandi de 25 pour cent.

Un docteur anglais, M. Flower, avait démontré de son côté que l'habitant de Londres doit être mis au premier rang par la capacité de son cerveau, c'est-à-dire, par son intelligence. On n'a pas encore évidemment d'étalon commun, chacun se sert de mesures nationales.

Mais, voici des expériences craniométriques plus récentes et non moins piquantes. M. G. Delaunay a pu « constater que la *pointure* des chapeaux était notablement plus faible chez les séminaristes de Saint-Sulpice que chez les élèves de l'École normale supérieure et les étudiants en général ». De là, une induction toute naturelle et peu favorable à l'intelligence des séminaristes, c'est-à-dire, du clergé français. Toutefois, paraît-il, et on s'en doutait bien un peu, de pareils renseignements sont loin d'avoir une précision scientifique ; l'ensemble des mesures recueillies chez les chapeliers donne des résultats embarrassants. Ainsi, la capacité cranienne des paysans de l'Auvergne, mesurée directement par Broca, se trouve être

supérieure à la capacité cranienne des Parisiens ; de telle sorte qu'en vertu des principes de la craniologie, les normaliens eux-mêmes sont contraints de s'incliner devant la *carrure* bien connue des Auvergnats de Saint-Nectaire (1).

Troisième exemple de cette science « idéale » dont parle M. Berthelot, « qui n'a d'autre fondement qu'une opinion individuelle et la liberté ». M. de Mortillet, professeur à l'École d'anthropologie de Paris, couronne son ouvrage sur *le Préhistorique*, destiné à résumer l'état de nos connaissances en cette matière, par une théorie chronologique qui peut être citée comme modèle du genre. Il s'agissait de déterminer scientifiquement l'antiquité de l'homme. Il est difficile d'imaginer une plus séduisante combinaison d'hypothèses, une plus apparente sincérité de chiffres et de calculs.

Première hypothèse : identité parfaite dans l'intensité des forces naturelles, dans l'énergie des causes agissant à l'époque glaciaire et aux temps actuels. — Seconde hypothèse : division du quaternaire et détermination précise de la durée proportionnelle des différents âges préhistoriques. — Troisième hypothèse : identification de la période glaciaire et de la période dite *moustérienne*. — Quatrième hypothèse : évaluation en années de la période glaciaire. Cette dernière hypothèse est la plus ingénieuse, la plus féconde en résultats merveilleux ; elle sert de base chronométrique à tout le système. Il ne s'agit plus d'une durée relative, mais absolue, évaluée en chiffres ; pour cela, il a fallu écarter tous les facteurs embarrassants, accumuler les conditions favorables, arranger convenablement la formation et le mouvement des glaciers, la vitesse de la marche, la pente du sol, les temps d'arrêt et de recul, les étapes des blocs erratiques, etc.

Cette série d'affirmations arbitraires et de prémisses complaisantes une fois posée, rien n'est plus facile que

(1) *Revue scientifique*, 3 juin 1882.

d'aligner des chiffres et de venir à bout de son petit calcul. L'auteur nous le dit lui-même avec un charmant abandon : « Du moment où l'*on sait* que le glaciaire ou moustérien a duré cent mille ans », et moyennant quelques suppléments de siècles et d'hypothèses, la conclusion devient manifeste, « c'est un total de deux cent trente mille à deux cent quarante mille ans pour l'antiquité de l'homme » (1).

L'apologiste chrétien ne doit redouter en aucune façon les conclusions certaines de la science « positive » sur cette grave question de l'antiquité de l'homme — nous espérons bien le démontrer dans ce manuel, — mais son droit et son devoir est de s'inscrire en faux contre des affirmations aussi gratuites que tranchantes, contre « les opinions individuelles d'une science idéale ».

Enfin, et pour clore une revue qui ne s'épuiserait pas de sitôt, un naturaliste hardi, mais convaincu autant au moins que M. de Mortillet, n'a pas craint d'opposer au darwinisme qu'il daube sans pitié une théorie nouvelle, « l'origine végétale des animaux (2). » Il s'appuie lui aussi sur l'observation des faits. Il suffit, nous dit-il, d'examiner les vieux troncs d'arbres « arrivés à cet âge de décrépitude végétale qui est le point de départ de la vie animale », pour constater la relation ancestrale entre la forme de ces *souches* et la forme du crâne des animaux. Cette opinion, tout individuelle, a été très agréablement raillée et daubée à son tour, et elle le méritait bien. Mais, franchement, les théories anthropologiques que nous venons de rappeler, pour être moins fantastiques et moins choquantes au premier aspect, sont-elles en réalité plus scientifiques ?

Dans un congrès anthropologique d'Allemagne, en 1882, un des savants les mieux accrédités dans le camp matérialiste, Virchow, donnait à ses coreligionnaires ce conseil prudent et amical, malgré sa forme railleuse : « L'expé-

(1) *Le Préhistorique, antiquité de l'homme*, p. 627.

(2) *Origine des animaux, nouvelle théorie de l'évolution*, etc., par M. Renooz ; 1 vol. in-8. Paris, J.-B. Baillière, 1883.

rience du passé nous a suffisamment prévenus que nous avons le devoir de ne pas tirer des conclusions prématurées. Quand on parle ou qu'on écrit pour le public, on devrait, à mon sens, examiner deux fois combien, dans ce qu'on dit, entre de vérité réellement scientifique ; on devrait imprimer en petits caractères, en notes, tous les développements purement hypothétiques, et ne laisser dans le texte que ce qui est la vérité réelle. » Quelle révolution dans la typographie scientifique contemporaine, si ce sage conseil était suivi !

Les aberrations scientifiques ne sont pas toujours aussi faciles à discerner. Telle théorie, magistrale en apparence, établie sur des faits, sur des analogies incontestables mais exagérées, devient fausse et dangereuse dès qu'on lui accorde une valeur absolue. Elle entraîne quelquefois les meilleurs esprits et peut induire en erreur l'exégète et l'apologiste. La thèse de l'évêque de Clifton, qui a si longuement et si vivement occupé la controverse catholique, en est un témoignage frappant. Le savant prélat a été surtout amené à sacrifier le caractère historique du premier chapitre de la Genèse, parce que l'interprétation communément adoptée des jours-périodes à limites définies lui paraissait incompatible avec la théorie des causes lentes et continues soutenue par Lyell. Or, d'une part, le texte sacré n'implique nullement des périodes brusquement limitées, et, d'autre part, la théorie du célèbre géologue anglais, acceptée tout d'abord avec une sorte d'engouement, est aujourd'hui démentie par les faits et généralement abandonnée, du moins comme théorie absolue.

Comme tout ce qui procède de l'esprit humain, la science a ses défaillances et ses obscurités, elle est en butte à d'étranges contrefaçons ; mais cela ne doit pas empêcher de reconnaître l'autorité, la réalité des certitudes scientifiques, la logique de l'hypothèse. Un théologien distingué par sa manière saine et large d'interpréter la Bible dit avec raison : « S'il suffit, pour rejeter une science, d'y trouver

des points obscurs où la discussion règne encore, qu'aurons-nous le droit de dire, nous autres exégètes, à l'incrédulité théologique du naturaliste ? Avons-nous tout éclairé dans notre propre domaine ? L'homme ne connaît le tout de rien ; il n'aperçoit la vérité qu'à travers des ombres. Ce serait manquer de sagacité que de ne pas la reconnaître quand elle veut bien se découvrir ; ce serait faire preuve de pusillanimité que de la craindre quand on la reconnaît (1). »

On a dit et répété, un peu en riant sans doute, mais aussi en philosophant un peu : « la moitié du monde se moque de l'autre moitié. » Il est encore plus vrai de dire : la moitié du monde savant est occupée à combattre, à corriger, à renverser les erreurs, les systèmes éphémères péniblement accumulés par l'autre moitié. Mais, au milieu de ces contradictions et de ces luttes, le train royal marche toujours ; laissant tomber à droite et à gauche les théories surannées, les hypothèses aventureuses, les rêveries matérialistes ou athées, il emporte à travers les âges le solide trésor des faits, des lois, des certitudes, les plus petites parcelles de vérité, toujours en harmonie avec la raison philosophique, avec la foi chrétienne.

II. — AUTORITÉ DE LA MÉTAPHYSIQUE.

Il y a aujourd'hui, en Europe et dans les contrées les plus civilisées du nouveau monde, une vaste école de chercheurs, j'ose à peine dire de penseurs, exclusivement voués aux sciences physiques et naturelles, qui n'admettent d'autres vérités, d'autres certitudes que celles qui sont acquises par l'observation extérieure sensible. Ils ne reconnaissent d'autre autorité que celle de la science expérimentale.

(1) *Moïse, la science et l'exégèse*, par M. Motais, pp. 18-19.

Rien ne serait plus divertissant, si ce n'était avant tout humiliant et douloureux, que d'entendre certains de nos savants modernes, même parmi ceux qui jouissent d'une célébrité bruyante, disserter de la métaphysique, des premiers principes, des vérités *à priori*, universelles, nécessaires, qu'ils traitent de « conceptions purement sentimentales ». Petit ou grand, chacun veut se donner le relief d'un coup de pied à cette pauvre métaphysique hors d'âge. Voici comment frappait un Allemand, au début de cette levée de boucliers matérialistes : « La métaphysique des Platon, Descartes, Malebranche, Bossuet, Fénelon, Leibniz, Clarke, peut bien faire illusion aux esprits novices ; on ne la prend pas au sérieux comme science (1). »

Chez nous on y met plus de façons. On veut bien encore permettre la métaphysique « comme distraction aux penseurs délicats », mais cela ne saurait durer, ajoute-t-on, « le domaine de la physiologie doit grandir aux dépens de celui de ses aînées, la métaphysique et la psychologie. Demain l'absorption sera complète, et de la métaphysique pure il ne restera que le souvenir..... Les études biologiques se réduisent en dernier ressort à la physiologie. Le champ de la métaphysique se restreint d'heure en heure, et finira par n'être plus qu'une rêverie, donnant la main, dans l'ordre des choses de l'esprit, à la poésie, à l'esthétique et autres conceptions qui ne sauraient être que des plaisirs intellectuels. » Pour l'auteur de la grande *Histoire du matérialisme*, le professeur Lange, « la métaphysique et la religion sont dépourvues de toute réalité objective » (2).

Un physiologiste célèbre, dans un discours prononcé à Berlin devant une assemblée de savants, et qui contient une sorte de profession de foi collective, montre jusqu'où peut aller l'exagération positiviste, chez les esprits même les plus distingués. Dans son « exposition critique des sources de la connaissance, des principes de la méthode », M. Helm-

(1) Büchner, *Force et matière*.
(2) *Histoire du matérialisme*, t. I, p. 3.

holtz met en opposition le savant qui s'appuie sur l'observation et l'expérience, et le « philosophe qui s'élève sur les ailes d'Icare de la métaphysique ». Non seulement il repousse avec dédain « les prétentions de la pensée pure, l'intuition *à priori* devenue la forteresse des métaphysiciens », mais il condamne ceux qui « accordent à la géométrie ce qu'ils refusent à la métaphysique, et tiennent encore les axiomes comme des principes antérieurs à toute expérience ». « C'est pourquoi, ajoute-t-il, je considère comme un grand progrès les nouvelles recherches mathématiques sur la possibilité logique d'un changement des axiomes de la géométrie, et la preuve donnée par eux que les axiomes sont des propositions pouvant être acquises ou démenties par voie expérimentale. En voyant la colère de toutes les sectes métaphysiques, on ne peut s'y tromper, ces recherches sont un coup de hache donné au dernier abri un peu solide qui restât à leurs prétentions (1). »

Après avoir déclaré que la métaphysique est à la philosophie naturelle, à la science expérimentale, ce que l'astrologie était autrefois à l'astronomie, M. Helmholtz recommande aux savants positivistes, « destinés à jouer le principal rôle dans la véritable explication du monde », cette maxime qu'il n'a cessé de répéter à ses élèves : « Toute conclusion métaphysique est ou bien un sophisme

(1) Il ne faut pas confondre les axiomes proprement dits, d'évidence immédiate et absolue, avec des théories géométriques encore imparfaites, comme la théorie des parallèles, etc., avec certaines propositions admises sans démonstration (*postulata*). Des mathématiciens de grand mérite ont recherché et signalé ces lacunes, ces « incertitudes de la géométrie ». (Gauss, Lobatchefsky, Riemann, De Tilly, etc. ; V. *Revue des questions scientif.*, octobre 1883.) Mais il y a loin de là à dire que les *axiomes* sont des vérités de circonstance, qui sont aujourd'hui dans leur phase axiomatique et peuvent être remplacés demain par de nouveaux axiomes, jusqu'à l'évolution prochaine, et ainsi de suite ; que, si aujourd'hui encore le tout est plus grand que sa partie, demain un expérimentateur, plus puissant que les médecins de Molière, pourra changer tout cela. Il est surtout absurde de soutenir que les travaux faits pour découvrir et combler les lacunes de la géométrie infirment en quoi que ce soit l'autorité de la métaphysique.

ou bien un résultat déguisé de l'expérience (1). » Il y a là un intervertissement de rôles dont il serait aisé de raconter l'origine : « une physique transformée en philosophie, c'est-à-dire, une science particulière transformée en science universelle. »

La principale cause de cette tendance générale à se séparer de la métaphysique, à nier même toute philosophie, c'est l'absence de véritables notions philosophiques, c'est le vieux sophisme de l'école qui consiste à parler de ce qu'on ne connaît pas, *ignoratio elenchi*, c'est l'ignorance. Chez les savants positivistes ou matérialistes, il y a le plus souvent deux hommes : l'observateur, l'expérimentateur, le physicien, l'astronome, le naturaliste, ... et le penseur, le philosophe théoricien. Le premier peut être éminent, le second médiocre ou nul. Le public ne sépare pas ces deux hommes, il attribue à l'un et à l'autre la même autorité ; telle est la triste genèse du désordre intellectuel et doctrinal de ce temps-ci.

C'est là une thèse qu'un écrivain anglais, dont l'ouvrage assez récent a vivement excité l'attention publique (2), démontre avec beaucoup de verve, et de manière à contenter les plus difficiles. Dans la suite de son ouvrage et principalement aux chapitres consacrés à la *superstition du positivisme*, à la *logique de la négation scientifique*, il prend à partie les chefs d'école et fait ressortir l'inhabileté, l'hésitation, la faiblesse qui se trahissent dans leurs vues et dans leur pensée, « leur impuissance féminine de s'attacher à la suite d'un raisonnement ». Il faut donc ramener sur les bancs, à l'école de la philosophie, ces maîtres de la science et leur apprendre ce que c'est que la métaphysique.

On peut distinguer dans la philosophie une partie objective, à laquelle se rattachent la Cosmologie, l'Anthropologie, la Théodicée, même à certains égards la Psychologie ; et une partie subjective comprenant la Logique et la Méta-

(1) *Revue scientifique*, 6 juillet 1873.
(2) W. Hurrell Mallock. *Is life worth living?*

physique. Celle-ci a pour objet les notions premières de la raison humaine, c'est-à-dire la pensée même, tandis que la logique a pour objet les notions secondes, les lois de la pensée. Chose curieuse, parmi les plus fougueux contempteurs de la métaphysique, il n'en est pas un seul qui ne se pique de raisonner avec justesse, qui ne se fasse honneur de respecter la logique, laquelle cependant, comme toutes les sciences particulières, dérive de la métaphysique et ne vit que par elle. Nier la seconde, c'est supprimer la première.

La métaphysique ou philosophie première (Aristote), nommée encore ontologie et protologie, comprend l'essence des choses, les principes suprêmes, les causes les plus élevées de la connaissance et de l'existence. C'est par elle que nous discernons les idées fondamentales d'être, de substance et de phénomène, de temps ou de durée, d'espace ou d'étendue, de cause et d'effet, d'unité, d'ordre, de conséquence, d'identité, de personnalité ; les axiomes, les vérités intuitives ou d'évidence immédiate, qui sont au-dessus et en dehors des prises de l'expérience.

Un grand penseur et un écrivain de génie a pu dire avec raison : « Tout le savoir humain est comme un arbre dont les racines sont la métaphysique. » Que le positiviste le plus déterminé essaye de définir la science comme il l'entendra, d'analyser l'opération intellectuelle la plus élémentaire, d'appliquer à un ordre de faits quelconque sa méthode de prédilection, à chaque pas, à chaque affirmation, il devra, bon gré mal gré, s'appuyer sur quelque vérité première, absolument irréductible, sur quelque principe de la pensée pure, antérieur à toute observation ; en un mot, faire de la métaphysique sans le vouloir et sans le savoir.

Comment en serait-il autrement ? Le principe de permanence, appliqué aux lois, dans l'espace, — les mêmes antécédents étant donnés, le même conséquent suivra partout et toujours, — est le principe directeur de toutes les sciences ; sans cette base, toute observation est stérile,

toute affirmation générale, c'est-à-dire toute induction, devient impossible; la notion même de science positive disparaît. Je ne puis énoncer une seule loi physique, par exemple la loi de la pesanteur, et affirmer que, les circonstances étant les mêmes, une pomme que je vois tomber aujourd'hui tombera demain et toujours, et partout, en Amérique comme en France, sans être pris en flagrant délit de métaphysique.

La métaphysique est comme la pensée elle-même : « on ne peut la nier qu'en l'exerçant, c'est-à-dire, en tombant dans une contradiction manifeste ». C'est bien ainsi que l'entendait Claude Bernard lorsqu'il écrivait (1) :

« La métaphysique tient à l'essence même de notre intelligence; nous ne pouvons parler que métaphysiquement. Je ne suis donc pas de ceux qui croient qu'on peut supprimer la métaphysique. Je pense seulement qu'il faut bien étudier son rôle dans la conception des phénomènes du monde extérieur, pour ne pas être dupe des illusions qu'elle pourrait faire naître dans notre esprit. » C'est là ce que nous ne cesserons de recommander : la distinction des domaines et la division du travail. Seulement, disons avec M. Barthélemy Saint-Hilaire : « La métaphysique a moins besoin de la science que la science n'a besoin de la métaphysique. »

Concluons. Non seulement la métaphysique a des certitudes qui lui sont propres, mais elle porte dans ses entrailles toutes les certitudes; il n'en est point une seule qui ne procède plus ou moins directement de la métaphysique. Pour l'honneur et le bonheur de l'humanité, aussi longtemps qu'il y aura des êtres pensants et raisonnants, la métaphysique ne cessera de verser des torrents de lumière sur ses plus obstinés blasphémateurs.

(1) Cl. Bernard, *Phénomènes de la vie*, t. I, p. 291, cité par l'abbé Arduin, t. III, p. 38.

III. — AUTORITÉ DE LA FOI.

On vient de voir, on a pu apprécier l'attitude hostile, souvent dédaigneuse, de la science athée, du matérialisme contemporain, à l'égard de la philosophie et surtout de la métaphysique. Dès qu'il s'agit de théologie, de foi chrétienne ou de toute foi religieuse, dès qu'il s'agit de surnaturel et de miracle, le dédain et l'hostilité prennent un caractère plus violent, plus universel. C'est principalement au sein des nouvelles couches scientifiques que se manifeste la révolte. Au-dessous des patriciens de la science, qui suivent la large route tracée par les grands initiateurs croyants, Copernic, Kepler, Bacon, Descartes, Newton, Galilée, Leibniz, Linné, Cuvier, Ampère, Liebig, Faraday, Biot, Cauchy, etc., des hommes trop facilement écoutés ne craignent pas de nier « les principes qui ont fondé la science », et de proclamer ce qu'ils appellent l'incompatibilité de la connaissance positive et de la croyance religeuse.

Les grandes nations placées à la tête du mouvement intellectuel, la France, l'Allemagne, l'Angleterre, les États-Unis, convoquent chaque année à de solennelles assises le ban et l'arrière-ban de la science. Ses soldats, dispersés, accourent de tous les points de l'horizon, chacun apportant son butin, ses conquêtes récentes, et aussi ses négations systématiques, ses théories hâtives, ses conclusions précipitées. C'est là que certains chefs d'école, les agitateurs d'idées, édictent leurs programmes sonores; c'est de là qu'ils « sonnent le combat du lendemain ». On les a vus trop souvent imprimer aux investigations scientifiques une direction fatale, entraîner des légions de disciples dans un même courant de doctrines.

Quelques citations sont ici nécessaires pour faire connaître le caractère violent et peu rationnel de ces hostilités ouvertes contre l'autorité de la foi.

En 1872, il serait inutile de remonter plus haut, au congrès des naturalistes et des médecins allemands réunis à Rostock, le président, M. Virchow, déclare brutalement la guerre à toute orthodoxie philosophique ou religieuse. D'après ce physiologiste, la savant moderne doit renier complètement la foi séculaire de l'humanité, renoncer à toute entente avec ceux qui croient à une âme personnelle distincte du corps, plus encore avec les sectateurs d'une religion positive quelconque, et par-dessus tout avec les chrétiens.

« Il n'y a aucun rapprochement possible, dit-il, entre des hommes pleins des faits que nous enseigne l'observation, qui considèrent les corps célestes comme étant en voie d'évolution perpétuelle, et d'autres hommes qui se représentent le ciel comme une région *où tout est bleu*, et peuplé d'êtres imaginaires.» Cette profession de foi, parsemée de traits si fins et si accablants, à l'adresse de ceux qui croient que dans le ciel « tout est bleu », fut vivement applaudie par des médecins et des naturalistes allemands (1).

Peu de temps après, au mois de septembre 1874, l'insurrection de la science contre l'autorité de la foi prit un caractère d'universalité et de violence plus marqué. Le professeur Tyndall, un des plus savants physiciens de l'Angleterre, prononça au congrès de Belfast un discours tristement célèbre, destiné, comme il le dit lui-même, « à faire boire la jeunesse catholique d'Irlande aux sources

(1) L'Allemagne est aujourd'hui le principal foyer du matérialisme scientifique ou systématique. Son action est puissante, son influence prédomine dans le monde savant. Un article très remarqué du journal américain *Science*, reproduit par le journal anglais *Nature* et par la *Revue scientifique* (17 novembre 1883), débute ainsi :

« L'Allemagne dirige actuellement le mouvement scientifique ; au commencement de ce siècle, ce rôle était rempli par la France. Les étudiants qui allaient autrefois à Paris, vont aujourd'hui en Allemagne ; ils en reviennent imbus des doctrines allemandes et n'ayant qu'un but : imiter ces doctrines et les propager. C'est ainsi qu'elles ont été répandues et acceptées dans presque tous les pays. Elles dominent en Suisse, en Russie, en Italie, en Pologne, en Belgique, en Angleterre et en Amérique. »

du matérialisme, à lui faire subir la fermentation de la science athée ». Il attaquait toute autorité religieuse, toute croyance, la Bible, la tradition, l'Église, Dieu créateur et providence, la spiritualité de l'âme, la liberté humaine, la vie future ; et terminait son programme par cette froide aspiration vers le néant : « Je dois quitter ici ma thèse, qui surpasse nos forces actuelles, mais qui sera de la compétence des esprits plus avancés, lorsque vous et moi nous nous serons fondus, comme les nuages légers du matin, dans l'azur infini du passé. »

Le matérialisme applaudit d'un bout du monde à l'autre; ses « chants joyeux » rententirent jusqu'au fond de l'Amérique. « Il est des manifestations qui marquent des époques dans l'histoire de l'humanité, parce qu'elles font vibrer la note intellectuelle du moment, et sonnent, du haut d'une position élevée, le combat inévitable des années qui vont suivre. Le discours prononcé par M. Tyndall devant le public scientifique de la Grande-Bretagne est de cette nature. Il montre comme très prochain le coup de balai que la science s'apprête à donner aux derniers appuis des dogmes religieux. Les avant-postes ont été enlevés depuis longtemps, et l'on est entré dans la citadelle elle-même. Il s'agit maintenant de la subversion complète des doctrines enseignées dans le monde clérical : la distinction entre l'âme et le corps, l'immortalité personnelle de l'homme, sa royauté sur la nature, et tout ce que ces dogmes entraînent avec eux (1). »

(1) *Scientific American Journal*, 1874, cité par M. l'abbé Moigno.

A l'heure même où il était ainsi acclamé, l'orateur de Belfast écrivait une véritable amende honorable, se défendant d'avoir voulu « jeter la religion par-dessus ses épaules », avouant que, s'il aspirait quelquefois au néant, ce n'était qu'aux heures de défaillance et d'obscurité. « J'ai remarqué, depuis des années d'observation sur moi-même, dit-il, que ce n'est pas dans mes heures de clarté et de vigueur que cette doctrine s'impose à mon esprit ; qu'en présence de pensées plus fortifiantes ou plus saines, elle se dissout toujours comme n'offrant pas la solution du mystère dans lequel nous sommes plongés et dont nous faisons partie. » On le voit, l'illustre professeur

En France, les attaques contre la vérité religieuse ne viennent pas des sommets occupés par les maîtres, par les Dumas, les Chevreul, les Pasteur, etc. Elles s'élèvent des régions moyennes ou même inférieures, et sont, le plus souvent, envenimées par la passion politique. L'homme le plus célèbre dans ce triste rôle, M. Paul Bert, se plaît à opposer l'enseignement scientifique à l'enseignement religieux, la méthode et l'autorité de l'un à la méthode et à l'autorité de l'autre. Le premier, disait-il dans une circonstance solennelle, « s'appuie sur la raison qui engendre la science ; le second, l'enseignement de l'Église, affirme, et, en affirmant, il s'appuie sur la foi, mère de la superstition, et devient quasi fatalement l'école du fanatisme et de l'imbécillité..., absence de toute critique, abandon de toute intelligence, de toute spontanéité, crédulité aveugle et absurde, enseignement d'abrutissement et d'abêtissement (1). »

Ces trois substantifs joints font admirablement.

Disons-le de nouveau, la haute science française n'a rien de commun avec ces excès de mauvais langage et de mauvais goût.

Voilà pourtant jusqu'où peuvent descendre le ton et le style de la déclamation positiviste ; depuis bien des années, le thème est toujours le même et les variations horriblement monotones. Les plus modérés, les plus débonnaires témoignent une certaine commisération, une courtoisie compatissante à l'égard des savants, encore attachés à un symbole religieux, qui s'attardent à faire concorder la révélation avec les données de l'expérience. On pousse la générosité jusqu'à leur permettre « la satisfaction d'avoir, sur la même table, la Bible et un traité de physique (2). »

est loin d'être parvenu, pour son propre compte, à donner le dernier coup de balai aux superstitions enseignées dans le monde clérical.

(1) *République française*, 31 août 1881.

(2) *Revue scientifique*, 5 mai 1883.

Il est essentiel de remarquer que ces déclamateurs grands ou petits n'ouvrent pas de discussion, n'abordent pas même une critique sérieuse du caractère logique de la foi, de ses fondements rationnels, qu'ils n'ont jamais pris la peine de scruter; ils affirment ou ils nient, voilà tout. Ici encore, et plus que partout ailleurs, quand il n'y a pas mauvaise foi, il y a ignorance à un degré qui étonne chez des savants de profession.

Quelle est l'autorité rationnelle, rigoureusement scientifique de la foi?

Pour répondre à cette question capitale, il suffit d'une analyse complète et détaillée de l'acte de foi ; il suffit de se rappeler les enseignements élémentaires de la logique, touchant les caractères infaillibles qui distinguent le vrai du faux, les trois *criterium* de la certitude : l'évidence immédiate, l'évidence du raisonnement, l'évidence du témoignage, et de s'assurer qu'il n'est pas une seule vérité dogmatique qui ne repose, en définitive, sur une de ces bases de toute connaissance, qui ne soit acquise à la raison individuelle par un des motifs logiques de la certitude. C'est un édifice dont la première pierre repose sur le granit, dont toutes les assises sont liées entre elles « par des tenons de fer », sans faille, sans lacune, et surmontées par la croix.

Cela est si vrai que le rôle de l'évidence rationnelle, dans l'acte de foi, constitue une des questions les plus délicates de la théologie. Pressés par les attaques et les analyses psychologiques du rationalisme moderne, les théologiens ont dû expliquer comment l'évidence inductive ou déductive n'anéantissait pas toute différence essentielle entre la certitude scientifique et l'assentiment aux vérités de foi, assentiment qui ne saurait être un acte purement rationnel (1).

(1) Une des solutions de cette difficulté consiste à dire que, dans l'adhésion du croyant au fait de la révélation et à l'autorité révélatrice, les motifs de croire sont eux-mêmes saisis par la foi; la même lumière surnaturelle

Chaque grande époque, chaque grande évolution de la pensée humaine a eu son apologie particulière de la vérité religieuse. Il n'y a pas au monde une littérature plus riche, plus forte, plus imposante que celle-là. Et, chose admirable, à mesure que l'esprit d'investigation et de doute avance dans la voie des négations, la démonstration chrétienne avance avec lui et se transforme comme lui.

Au commencement des temps modernes et du libre examen, à partir de la longue et savante lutte contre l'hérésie protestante, la synthèse théologique dut être précédée du traité de l'Église. Plus tard, lorsque la lutte fut engagée avec les libertins incrédules, avec les philosophes déistes, il fallut pénétrer plus avant dans les fondements de la foi : le traité de la vraie religion précéda le traité de la véritable Église. Aujourd'hui, la négation dite scientifique devenant plus radicale, il faut bien la suivre et creuser encore. Le traité de la religion devra être précédé d'un véritable *Periarchon*, traité des origines, conception scientifique de l'univers, de la vie, de l'homme et de sa place dans la nature. Ce sont les éléments de ce traité qu'il importe de rassembler et d'ordonner, dont il faut montrer à notre époque les magnifiques proportions.

Il est aisé de montrer en action, sous une forme vivante, cette belle thèse des fondements logiques de la foi, de son autorité scientifique. M. Renan a publié, en 1883, des *Souvenirs d'enfance et de jeunesse*, composés avec le plus grand soin, dans le but principal, sinon unique, de justifier, aux yeux du siècle dont il se glorifie d'avoir eu audience,

et supra-rationnelle, la même parole intérieure de Dieu révèle tout à la fois dans l'âme du chrétien, et les vérités qu'il doit croire et les motifs pour lesquels il doit les croire. (Vid. *Bulletin de l'Institut catholique de Toulouse*, septembre 1881.) On pourrait dire encore, et plus simplement, en s'appuyant sur l'histoire du scepticisme religieux et philosophique, tristement continuée sous nos yeux : La nature de l'esprit humain est telle que, même en présence d'une évidence rationnelle touchant l'existence de Dieu ou le fait de la révélation, il n'y a pas évidence nécessitante, et, par là même, il y a toujours place pour l'intervention des motifs surnaturels et supra-rationnels.

l'abandon de la foi catholique. L'auteur de la *Vie de Jésus* est évidemment tourmenté par l'inexorable souci de démontrer la sincérité de son évolution et la sérénité de son âme. Nous sommes assurés de retrouver là, habilement condensé, plus habilement présenté, tout ce que le criticisme a pu soulever de doutes subtils, d'objections spécieuses, de négations savantes, les résultats les plus raffinés de l'investigation allemande avec les séductions de l'exposition française. Or, voici ce qu'on pourrait appeler le dernier mot de ce plaidoyer *pro domo sua*, pour son apostasie, le dernier mot du Renan en pleine possession de lui-même, et désavouant d'avance tout repentir possible, toute rétractation ultérieure :

« Il ne faut pas nier qu'un rationalisme très avoué ne ne soit au fond de la scolastique (c'est-à-dire de la théologie chrétienne) : dans un tel système, la raison est avant toute chose, la raison prouve la révélation, la divinité de l'Écriture et la divinité de l'Église... C'est un édifice dont les pierres sont liées par des tenons de fer ; mais la base est d'une extrême faiblesse. Cette base est le traité de la religion ;... car on ne réussit pas à prouver qu'il se soit passé un fait surnaturel, un miracle (Littré)... *C'est là le bloc qu'on ne remuera point* (1). »

Ce bloc, que M. Littré cité par M. Renan avait déjà remué sur son lit de mort, un modeste et savant professeur de séminaire le faisait presque aussitôt disparaître par cette simple réflexion :

« Le christianisme ne s'appuie pas sur le miracle comme sur son *premier* fondement ; il est un fait historique s'appuyant sur des témoignages historiques, lesquels démontrent historiquement la réalité des miracles... Le miracle est possible, ou Dieu n'existe pas ; il est réel, ou l'histoire n'a plus aucune valeur (2). »

(1) *Revue des deux mondes*, 1882.

(2) *Revue des questions historiques*, janvier 1883; excellente réponse aux *Souvenirs d'enfance et de jeunesse*, par M. F. Vigouroux.

Le fait de la révélation se prouve comme tout fait historique ; dans cet examen, la raison ne relève que d'elle-même : elle est libre de mettre en œuvre toutes les règles, toutes les exigences de la critique la plus rigoureuse. C'est uniquement à la lumière de l'évidence et de la certitude historiques qu'elle reconnaît le caractère divin des origines du christianisme. Les mystères de la foi restent incompréhensibles, sans doute, comme tant d'autres mystères de la science, ils sont de leur nature insondables ; mais la raison peut s'assurer qu'ils ne renferment aucune contradiction logique, aucune incompatibilité réelle avec quelque certitude scientifique.

Le fait de la révélation, par cela même qu'il est un fait historique, ne peut être démontré par la méthode expérimentale, pas plus que l'existence de César ou de Napoléon ; mais il est connu avec la même certitude que l'existence de César ou de Napoléon (1).

Il faut bien s'arrêter, si entraînantes que soient de telles matières... « Non seulement la science ne perd rien de sa dignité, ne transgresse en aucune façon les lois de la méthode qui lui est propre, en reconnaissant l'autorité de la foi, mais elle y trouve un instrument de progrès et une sauvegarde. Elle est fidèle aux principes de sa méthode, puisqu'elle n'admet rien qui ne soit prouvé par des arguments tirés de la raison ; elle est, au contraire, perfectionnée, puisque, à l'aide des vérités de la foi, il lui est possible de combler les lacunes qui, de l'aveu de ses disciples les plus illustres, se trouvent en elle lorsqu'elle est abandonnée à ses propres forces. « Si nous étions privés de ces conceptions, dit M. Pasteur, les sciences y perdraient cette grandeur qu'elles tirent de leurs rapports secrets avec les vérités infinies..., et je me demande au nom de quelle découverte on peut arracher de l'âme humaine ces hautes préoccupations (2). »

(1) Voir *La Science et la Religion*, par l'abbé de Broglie, 1883.
(2) Pasteur, *Discours de réception à l'Académie française*.

IV. — DIVISION DES POUVOIRS, DROITS ET DEVOIRS RESPECTIFS.

En démontrant l'autorité réelle, rationnelle des trois ordres de connaissances, chacun dans le domaine qui lui est propre, nous avons par là même déterminé leurs droits et leurs devoirs respectifs. La pensée de l'Église, à cet égard, s'est de nouveau et très clairement manifestée dans le concile du Vatican.

« Non seulement la foi et la raison ne peuvent jamais être en désaccord, mais encore elles se prêtent un mutuel secours ; la droite raison démontre les fondements de la foi, et, éclairée par sa lumière, elle développe la science des choses divines... Bien loin que l'Église soit opposée à l'étude des arts et des sciences humaines, elle la favorise et la propage de mille manières ; car elle n'ignore pas, elle ne méprise pas les avantages qui en résultent pour la vie des hommes... Elle ne défend pas assurément que chacune de ces sciences, dans sa sphère, ne se serve de ses propres principes et de sa méthode particulière ; mais, tout en reconnaissant cette juste liberté, elle veille avec soin pour les empêcher de se mettre en opposition avec la doctrine divine, de dépasser leurs limites respectives, pour envahir et troubler ce qui est du domaine de la foi (1). »

(1) « Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest... Neque solum fides et ratio inter se dissidere nunquam possunt, sed opem quoque sibi mutuam ferunt, cum recta ratio fidei fundamenta demonstret, ejusque lumine illustrata rerum divinarum scientiam excolat... Quapropter tantum abest ut Ecclesia humanarum artium et disciplinarum culturæ obsistat, ut hanc multis modis juvet atque promoveat. Non enim commoda ab iis ad hominum vitam dimanantia aut ignorat aut despicit... Nec sane ipsa vetat, ne hujusmodi disciplinæ, in suo quæque ambitu, propriis utantur principiis et propria methodo ; sed justam hanc libertatem agnoscens, id sedulo cavet, ne divinæ doctrinæ repugnando errores in se suscipiant, aut fines proprios transgressæ ea quæ sunt fidei occupent et perturbent. » (*Constitutio de Fid. cath.*, cap. IV.)

Voilà le véritable esprit du juge infaillible ; tout ce qui a été, tout ce qui sera dit ou fait en opposition avec cette doctrine, les prétendus « conflits entre la science et la religion » dont on a fait tant de bruit, ne sauraient être imputés à l'Église qui en proclame le désaveu solennel.

Il serait difficile de concevoir une constitution plus large, plus juste, plus rationnelle. Lorsque la science, se renfermant et se mouvant en pleine liberté dans le domaine si vaste et si beau qui lui est propre, observe les faits, les compare, les contrôle à l'aide de l'expérimentation, constate l'ordre actuel des phénomènes, en induit les lois qui les régissent, la théologie n'a pas à intervenir. Dans le vaste champ de l'investigation, l'Église laissera toujours la science maîtresse d'elle-même ; elle ne contrariera aucun de ses mouvements, n'entravera aucun de ses progrès, reconnaîtra chacune de ses conquêtes.

Mais, si de la méthode expérimentale on passe à la prétention métaphysique, si, par une contradiction manifeste avec les procédés logiques, avec les principes mêmes du déterminisme, le représentant de la science ne se contente plus d'affirmer l'exactitude des faits observés, leur transformation immédiate, d'en induire les lois générales ; s'il prétend décider de la doctrine, s'il bâtit des théories sur la cause première, sur les bases de la morale, sur la religion, etc., il devient philosophe et relève de la philosophie, il construit un symbole théologique, et tombe sous le contrôle de la théologie : l'Église peut et doit intervenir. Il y a plus, non seulement la théologie est alors compétente, mais elle est seule compétente ; la science cesse de l'être, elle envahit un domaine qui ne peut ressortir, en aucune façon, à son autorité. En résumé, l'Église juge les résultats des spéculations doctrinales, et non les résultats des expériences ; elle respecte les droits de la science, mais elle ne saurait créer un privilège en sa faveur, lui permettre de devenir pour le dogmatisme un prétexte à exception(1).

(1) C'est là le véritable sens de ces paroles de saint Thomas : Non pertinet

Nous nous souvenons d'avoir lu dans une correspondance de Rome un trait bien simple, qui probablement est passé inaperçu, et où se trouve mise en vive saillie cette répartition de compétence qui nous occupe. Un bon chanoine italien demandait au souverain pontife de bénir et d'approuver une découverte scientifique qu'il venait de faire. Il s'agissait, croyons-nous, d'une application nouvelle de l'électricité à la télégraphie. Pie IX lui répondit, avec cette spirituelle bonhomie qui n'était qu'un mélange de finesse et de loyauté : « Eh ! mon cher chanoine, *mio caro canonico*, il est des gens qui voudraient restreindre mon autorité doctrinale, et vous voulez l'étendre aux mathématiques et à la physique; adressez-vous au P. Secchi ; il en sait plus long que moi là-dessus.» Si ce petit dialogue n'était pas vrai, il resterait du moins très vraisemblable. De même que le souverain pontife, l'Église, la théologie, la Bible nous disent bien haut : « Nous n'avons pas mission d'enrichir le trésor de la science profane ; adressez-vous à ceux qui en savent plus long que nous là-dessus. »

F. Duilhé de Saint-Projet.

ad sacram doctrinam probare principia aliarum scientiarum, sed solum judicare de eis. (*Sum. theol.* I. P. Q. I. art. 6.)

CORRESPONDANCE

I

LETTRE DE M. L. MAHILLON AU SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE.

Monsieur le Secrétaire,

La livraison du 20 octobre dernier de la *Revue des questions scientifiques*, éditée par votre société, contient, sous la rubrique *Bibliographie*, une appréciation du dernier ouvrage de M. Houzeau (1). Votre collaborateur, M. J. T., a cru devoir me faire intervenir à propos d'un article que j'ai fait paraître dans la revue *Ciel et Terre* au sujet de cette nouvelle œuvre de l'ex-directeur de notre observatoire: il m'adresse un reproche qui aurait pu être formulé en termes plus bienveillants; mais je ne m'arrête pas à ce détail et je me borne à espérer que le souci de la vérité engagera votre collaborateur à se joindre à moi pour vous prier de m'accorder la faveur d'insérer dans votre prochain numéro la présente réponse aux observations que M. J. T. adresse au *Vade-mecum de l'astronome*.

Et d'abord, permettez-moi, monsieur le Secrétaire, de dire un mot de l'importance de l'ouvrage dont il s'agit ; il importe que vos lecteurs entrevoient la grandeur du travail dont il est le résultat. L'auteur a eu pour but de fournir succinctement sur chacune des questions qui sont du domaine de l'astronomie, tous les renseignements nécessaires pour

(1) J. C. Houzeau. — *Vade-mecum de l'astronome*. — Bruxelles, Hayez, 1882.

suivre la marche de nos connaissances depuis les temps les plus reculés ; il indique avec précision les ouvrages ou les travaux à consulter pour faire l'étude de la question. En ce qui concerne les éléments susceptibles de détermination numérique, la longueur de l'année par exemple, l'auteur renseigne, sous forme de tableaux, les valeurs qui ont été successivement assignées à cet élément ; pour chacune de ces valeurs on trouve indiquée la méthode qui a servi à sa détermination, ainsi que l'ouvrage où elle a été puisée.

Voilà certes un livre utile, qui ne pouvait être entrepris que par un homme possédant une connaissance parfaite de la bibliographie astronomique : l'ouvrage est nécessairement le fruit d'un travail considérable et d'une rare expérience : il méritait par conséquent d'être examiné consciencieusement et avec bienveillance. Nous allons voir comment votre collaborateur s'est acquitté de cette tâche.

Vos lecteurs savent que le *Vade-mecum* est, à proprement parler, la seconde édition, considérablement augmentée, d'un travail qui a paru en 1878 sous le titre de *Répertoire des constantes de l'astronomie.* M. J. T. commence par déclarer « qu'il a eu trop rarement recours au *Répertoire* pour pouvoir le juger en connaissance de cause » ; il cite « à titre de renseignement », un passage d'un auteur anglais qui réclame une revision scrupuleuse de ce premier travail. Votre collaborateur conclut que « puisque tous les tableaux d'éléments numériques du *Répertoire* ont passé dans le *Vade-mecum*, celui-ci doit être entaché des mêmes défauts » ..... si l'auteur anglais a raison, ajoute encore notre critique ! Singulier raisonnement, basé sur une affirmation d'autrui qu'on ne s'est pas donné la peine de vérifier depuis cinq ans que l'ouvrage a paru, basé encore sur l'hypothèse, toute gratuite et d'ailleurs contraire à l'affirmation de la préface, que la revision du premier travail n'aurait point été faite pour la préparation de la nouvelle édition ! Voilà les débuts de M. J. T., voilà tout ce qu'il trouve à dire de l'ouvrage en général ; il n'a senti nul besoin de dire un mot d'éloge à l'adresse du travailleur dont il va examiner l'œuvre..... ; au contraire, il ne songe qu'à fournir à ses lecteurs une impression défavorable sur un ouvrage à la première édition duquel il avoue avoir eu trop rarement recours (page 595) et dont la seconde n'a eu que la faveur de voir tourner ses pages (page 602). Je ne jugerai pas le procédé de M. J. T. ; je veux rester strictement dans le domaine des faits et laisser à vos lecteurs le soin d'apprécier.

J'aborde immédiatement quelques-unes des observations particulières. A plusieurs reprises votre collaborateur dit, en parlant d'un

endroit qu'il renseigne, que quelques erreurs typographiques, aisées à corriger, se sont glissées dans l'ouvrage. La première fois, il s'agit des valeurs qui, dans la suite des temps, ont été attribuées à l'obliquité de l'écliptique. M. Houzeau en renseigne 127 ; toutes ont une valeur de 23°, excepté 4 des plus anciennes, qui sont indiquées comme valant exactement 24°. Le doute n'est pas possible et il est puéril d'appeler l'attention du lecteur de la *Revue* sur deux valeurs qui ont été erronément imprimées

27° 27′ 47″ 42
28° 28′ 35″

Une seconde fois, l'erreur typographique n'est pas plus conséquente. On a imprimé, pour les valeurs attribuées respectivement par Bailly et par Lagrange aux masses des satellites de Jupiter :

I	0,00004247	au lieu de	0,00004247
II	6,0000211		0,0000211
III	0,00007624		0,00007624
IV	0,00005		0,00005

et

I	0,06006869	au lieu de	0,00006869
II	0,00002417		0,00002417
III	0,00006869		0,00006869
IV	0,000140		0,000140

Il serait certes préférable de ne point rencontrer des chiffres erronés dans un ouvrage important, mais il est certain que ceux que signale M. J. T. ne tromperaient personne, même à une première lecture. Rien d'ailleurs n'est parfait et s'il en fallait donner des preuves, le travail de votre collaborateur les fournirait à souhait. Il est en effet à peine composé de huit pages (celui de M. Houzeau en comporte 1144) et on y trouve les incorrections suivantes :

Page 596,	lignes 17 et 20,	il faut	*Struve*	au lieu de	*Struwe*.
597,	ligne 9,	il faut	1666	au lieu de	166.
598,	» 26,	»	2392	»	2329.
598,	» 29,	»	*Jupiter*	»	*Mars*.
598,	en note,	»	*col.* 149	»	*p.* 457.
600,	ligne 23,	»	*réelle ou idéale*	»	*réelle et idéale*.
600,	» 28,	»	*songes*	»	*fantômes*.
601,	» 10,	»	1877	»	1882.

Un genre d'observations tout particulier, et qui fait le fond des critiques de M. J. T., demande également à être relevé. Ce sont celles qui sont puisées dans des travaux ayant paru postérieurement au *Vade-mecum!* Le fait est inouï, presque incroyable..., mais patience, vos lecteurs vont en juger.

Le *Vade-mecum* porte le millésime de 1882; il a en effet été achevé, ainsi que le disait ma notice (1), avant le départ de M. Houzeau pour le Texas, c'est-à-dire au mois de juin 1882. Or, je le répète, la plupart des observations de M. J. T. sont extraites d'articles ayant paru dans les revues scientifiques à des dates postérieures. C'est ainsi que, page 598, le *Selenographical Journal* est renseigné comme ayant cessé de paraître : cette publication n'existe plus, il est vrai, mais seulement depuis le 1er janvier 1883! De même, tout ce qui est relatif à la valeur du coefficient de l'aberration, et qui occupe la moitié de la page 596, a été textuellement extrait de la revue anglaise *Nature* du 12 juillet 1883. A ce propos, permettez-moi, monsieur le Secrétaire, de rappeler qu'en matière scientifique il est d'usage de recourir soi-même aux sources que l'on cite : on évite ainsi, entre autres choses, de rapporter, en faveur de la thèse qu'on défend, une appréciation ayant une signification moindre qu'une autre se trouvant quelques lignes plus loin. Struve a bien dit que 20″463 paraît être le résultat à tirer de ses observations au premier vertical ; mais, plus loin sur la même page de son mémoire, il conclut de la discussion de plusieurs chiffres obtenus par des méthodes différentes, que 20″463 est « définitivement le chiffre le plus sûr ».

Ce n'est pas tout encore. A la page 599, M. J. T. cite les déterminations du diamètre équatorial d'Uranus parues dans les *Astronomische Nachrichten* en 1883; de même, à la page 598, il reproche au *Vade-mecum* de ne point être d'accord avec les résultats des recherches qu'Adams a communiquées en janvier 1883 à la *Royal Astronomical Society!* Vraiment de telles.... méprises sont inexcusables, et elles nous autorisent, tout au moins, à ne pas nous arrêter sur les points que l'auteur critique en annonçant des erreurs ou des imperfections qu'il ne détaille pas. Comment d'ailleurs répondre à une observation du genre de celle-ci (page 601) : « Le paragraphe consacré aux *Éphémérides* contient un certain nombre d'inexactitudes que l'on corrigera facilement en recourant à l'introduction historique du *Traité d'astronomie pratique* publié récemment par M. Abel Souchon. » !!!

(1) Parue dans *Ciel et Terre* en septembre 1882.

Je citerai enfin, parmi les prétendues omissions que signale votre collaborateur, les déterminations de parallaxe de α Lyræ et de 61 Cygni qui sont extraites de *Nature* du 28 décembre 1882, ainsi que l'éphéméride de la comète de 1771 qui a paru dans les *Astronomische Nachrichten* du 10 novembre 1882. En voilà, me paraît-il, assez sur ce point; je passe à une autre partie des critiques.

M. J. T. reproche à M. Houzeau d'avoir cité le fameux ouvrage de Dupuis : *Origine de tous les cultes ou Religion universelle*. Il semble ne pas pouvoir admettre que ce grand travail ait été « diversement apprécié », ainsi que le dit l'auteur du *Vade-mecum*. A l'appui de son opinion, votre collaborateur reproduit une partie de l'appréciation émise par Dacier touchant le livre en question : permettez-moi de faire observer que c'est là une singulière manière d'établir qu'un livre n'a pas été diversement apprécié. Ouvrons d'ailleurs la *Bibliographie* de de Lalande, et voici ce que nous trouvons à la page 760 au sujet du livre que votre collaborateur regrette tant de voir figurer dans le *Vade-mecum* : « L'histoire de l'astronomie s'est ainsi enrichie d'un grand ouvrage d'érudition en trois volumes in-4°, où le citoyen Dupuis, l'un des professeurs du Collège de France et l'un des membres du Corps Législatif, prouva que le culte des astres a fourni les plus anciennes religions, et que la plupart des fables anciennes sont basées sur des levers ou des couchers d'étoiles. Cet ouvrage, qui prit naissance à mon cours d'astronomie, le 18 mai 1778, n'a cessé de se perfectionner et de s'accroître, et il en est résulté un corps de doctrine aussi neuf qu'intéressant pour l'érudition. » Voilà votre collaborateur fort loin d'être d'accord avec l'illustre de Lalande..... Il s'en consolera peut-être facilement, mais je doute qu'il parvienne à faire partager cette impression à vos lecteurs quand ceux-ci sauront que l'appréciation que votre collaborateur a extraite de Dacier est absolument incomplète et a par là un sens absolument différent de celui que cet auteur a exprimé. Voici d'ailleurs le passage complet tel que nous l'avons trouvé dans le tome V des *Mémoires de l'Académie des inscriptions et* des *belles-lettres;* le lecteur y remarquera que la pensée qui offusque tant M. J. T. se trouve clairement exprimée et développée dans la partie de l'éloge que votre collaborateur a cru pouvoir passer sous silence! « Cet ouvrage, dit Dacier, annoncé depuis si longtemps, et qui n'est, pour le fond, que la suite et le développement du système dont il avait jeté les bases dans son Mémoire sur l'explication de la fable par l'astronomie, *produisit des sensations fort différentes*. Il souleva, comme l'auteur l'avait prévu, les partisans de l'érudition et de la critique historiques et littéraires; il

fut applaudi par les partisans des idées nouvelles et hardies ; il troubla et effraya les hommes religieux de différentes croyances, qui ne sont point lassés de l'attaquer et de le combattre avec plus ou moins d'avantage. Ce volumineux ouvrage eut d'ailleurs beaucoup moins de succès que l'auteur ne s'en était promis, et ne trouva que très peu de lecteurs, peut-être parce que la théorie hardie qu'il présentait parut faible et timide auprès de la doctrine qu'on voyait alors mettre en pratique, peut-être aussi parce que cette théorie était embarrassée par une foule de raisonnements et de détails érudits et scientifiques qui étaient presque tous hors de la portée du grand nombre, et enfin parce qu'il manquait du mérite du style, sans lequel la curiosité même s'émousse et est bientôt rebutée. On ne peut faire ce reproche à l'extrait, en un volume in-8°, que l'auteur en donna bientôt après pour rendre son système plus populaire : aussi a-t-il été plus recherché et plus lu que l'ouvrage même, qu'il a presque fait oublier. Sans entrer dans un examen détaillé du système de M. Dupuis, et des bases sur lesquelles il l'établit, nous devons dire que, malgré les erreurs et les défauts qu'on remarque dans son ouvrage, on ne peut nier, sans être injuste, qu'il n'y ait montré une sagacité, une pénétration et une finesse d'esprit peu communes, et qu'il n'ait porté aussi loin peut-être qu'il soit possible, ce genre de critique qui fait servir l'allégorie à l'explication des choses obscures et presque inexplicables. Nous devons ajouter encore qu'il aurait dû se défier d'une méthode tranchante et universelle, comme on se défie d'un remède propre à guérir tous les maux, et employer avec discrétion la baguette magique de l'allégorie explicative, au moyen de laquelle on pourrait bouleverser ou métamorphoser tout ce qui a eu une existence réelle ou idéale dans les temps anciens, tellement qu'après avoir trouvé des faits dans les fables, on pourrait ne plus trouver que des fables dans les faits ; que les personnages les plus avérés deviendraient des ombres, et qu'ainsi les champs du passé ne seraient plus que des déserts, où le scepticisme historique règnerait sur des songes. »

J'estime, monsieur le Secrétaire, qu'il n'est point nécessaire de prolonger cet examen. Je crois avoir fourni les éléments d'une saine appréciation du travail de votre collaborateur. Pour finir, je me permettrai de lui signaler une phrase que j'extrais du travail que le P. Ferrari a publié dans votre Revue, en réponse à l'étude critique que Winnecke avait faite de l'ouvrage *Le Stelle* du P. Secchi : « Un biographe courtois fait ordinairement ressortir tout d'abord le mérite de l'ouvrage pour ne parler qu'ensuite, si la chose est nécessaire, des

quelques imperfections qui pourraient s'y rencontrer. » Si votre collaborateur s'était inspiré de ce bon conseil, il m'aurait évité l'ennui que m'a fait éprouver la nécessité de m'en écarter pour faire connaître à vos lecteurs la valeur de son travail.

Veuillez, je vous prie, monsieur le Secrétaire, accepter, en même temps que mes remercîments, l'hommage de mes sentiments de haute considération.

L. Mahillon,
lieutenant du génie.

II

RÉPONSE DU SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE A M. L. MAHILLON.

Monsieur,

Vous avez voulu montrer « comment notre collaborateur s'est acquitté de sa tâche », et je me suis empressé de vous le permettre. Permettez-moi maintenant d'examiner comment vous vous êtes acquitté de la vôtre.

Il vous adresse, dites-vous, « un reproche qui aurait pu être formulé en termes plus bienveillants. »

Voici les termes qu'il emploie :

« Le *Répertoire des constantes de l'astronomie* « a été fort apprécié « dans toutes les publications qui s'occupent d'astronomie, dit « M. L. Mahillon; il a été traduit en anglais (?) et utilisé pour « la formation de l'un des chapitres d'un traité d'astronomie qui est « populaire en Angleterre (1). » Il s'agit des *Elements of Astronomy*, de Robert Stawell Ball, Londres 1880. Mais M. Mahillon aurait pu ajouter que, en citant dernièrement ce traité, l'auteur de l'*Astronomical column* de la revue anglaise *Nature* reprochait à M. Stawell Ball sa trop grande confiance dans les indications du *Répertoire*, et mettait les astronomes en garde contre les inexactitudes qu'on y rencontre. »

Si l'auteur de ces dix lignes avait, comme vous le pensez, manqué de bienveillance à votre égard, il aurait certainement choisi, pour

(1) Ciel et Terre, 3e année, p. 289 : *Un nouveau livre.*

la citer à côté du reproche de *Nature*, une autre phrase de votre article. Car enfin ce reproche, bien qu'extrait de l'*Astronomical column* de la revue anglaise, est conciliable avec votre assertion que le *Répertoire* « a été fort apprécié dans *toutes* les publications qui s'occupent d'astronomie ». Mais peut-il également se concilier avec ce que vous avez écrit à la même page : « La *seule* critique que nous ayons relevée dans la presse scientifique au sujet du *Répertoire des constantes de l'astronomie* est relative à son mode de publication dans les Annales. » Dire d'un livre qu'il renferme de nombreuses erreurs, *a number of errors*, c'est autre chose que de lui reprocher son format incommode. Mais on a eu l'obligeance d'éviter ce rapprochement de textes, qui vous eût été désagréable.

Est-ce peut-être dans le point d'interrogation (?) que vous soupçonnez de la malveillance? Je n'y vois qu'une demande de renseignements. Vous dites que le *Répertoire* « a été traduit en anglais ». Notre collaborateur ignore complètement l'existence de cette traduction, quoiqu'il soit assez au courant de la littérature astronomique de l'Angleterre et des États-Unis. Où et quand cette traduction a-t-elle paru? se dit-il. En deux mots vous pouviez lui répondre; mais vous avez dédaigné de vous « arrêter à ce détail ». Nos lecteurs le regretteront.

Qu'est-ce donc qui a pu vous blesser? J'ai beau relire ces dix lignes, je n'y vois rien qui justifie votre plainte, rien qui puisse engager un galant homme à demander la parole pour un fait personnel. Or, en dehors de ces dix lignes, il n'est plus question de vous dans tout l'article; l'auteur n'a pas « cru devoir vous faire intervenir » ailleurs. Devait-il peut-être vous citer plus longuement, ou du moins résumer votre compte rendu? Je veux bien réparer immédiatement cette omission. Nos lecteurs, qui savent déjà combien celui de notre collaborateur vous déplaît, connaîtront ainsi l'idéal dont il aurait dû se rapprocher.

Le vôtre a donc pour titre : *Un nouveau livre;* c'est précis et significatif. La première page, consacrée à l'ancien livre, au *Répertoire*, nous révèle qu'il a été fort apprécié, qu'il avait une valeur considérable, malgré son format moins commode que l'in-octavo, et qu'il est aujourd'hui épuisé. La seconde page annonce que le nouveau livre, le *Vade-mecum*, renferme de nombreuses données outre les tableaux numériques qu'il emprunte au *Répertoire;* puis elle donne en quelques lignes un résumé de l'ouvrage, résumé substantiel et d'une fidélité incontestable, pure quintessence de la table des matières. Puisque vous avez bien voulu dresser l'*errata* de notre compte rendu, j'appelle en

passant votre attention sur les coquilles groupées dans cette seconde page, notamment sur ce bizarre adjectif de la ligne 21 : « Tables alphabétique, *météorique* et bibliographique. » Enfin, après ce résumé, vous consacrez vos seize dernières lignes à l'éloge du nouveau livre, éloge lyrique dont je tiens à citer la plus belle période : « Vade mecum, nous dit l'auteur ; son livre peut en effet servir de guide à tous ceux qui veulent entreprendre de parcourir, en tout ou en partie, ce vaste champ où se trouvent disséminés les travaux des grandes intelligences *de tous les temps et de toutes les époques.* » S'il y a dans ces derniers mots une « erreur typographique », elle ne me paraît pas « facile à corriger ».

Je reconnais volontiers tout le mérite de ce petit article ; cependant je lui préfère encore l'article que vous critiquez. Sans doute, on peut appliquer au vôtre ce trait final de votre éloge du *Vade-mecum* : « Il rendra d'éminents services aux astronomes, aux historiens, aux vulgarisateurs et à tous les travailleurs en général. » Mais il me semble que l'article de notre collaborateur a demandé plus de travail et plus de connaissances, et que, par suite, il rendra encore plus de services à tout ce monde-là. Il avait à peine paru, que M. Niesten l'utilisait dans *Ciel et Terre*, dans la revue même qui a publié votre compte rendu. Notre livraison du 20 octobre disait : « A propos de la *variabilité de la verticale*, M. Houzeau rappelle « les premières observations « faites à l'aide d'un fil à plomb » par Bouguer, en 1754. En voici de plus anciennes : » et elle mentionnait, en une vingtaine de lignes, les expériences d'Alexandre de Calignon, en 1643, reprises peu après par J.-B. Morin et par Mersenne, mais contestées par Caramuel de Lohkowitz, ainsi que les recherches postérieures de Mairan, de Lecat, de Grante, de Toaldo, et enfin « celles de Bouguer, citées dans le *Vade-mecum* ». Quelques jours plus tard (1), dans un article intitulé : *Déplacement de la verticale*, M. Niesten lui empruntait textuellement cette intéressante notice, en indiquant la source, mais en supprimant toute allusion au livre de M. Houzeau.

Je n'ai pas imité cette réserve, parce que c'est de ce livre surtout que nous devons et que nous allons maintenant parler ; vous n'êtes descendu dans l'arène que pour le défendre contre nous. Évidemment, vous nous croyez hostiles à son auteur. Eh bien, je vous assure qu'il n'en est rien. Pour ce qui me concerne, je le déclare sans la moindre hésitation, et, pour notre collaborateur, je vous le prouverai dans un instant ; mais d'abord je dois vous faire loyalement un aveu.

(1) *Ciel et Terre*, 1er nov. 1883.

Vous savez que, de temps en temps, M. Houzeau, dont l'esprit est assez original, aime à décocher en passant quelque trait malin à la religion. De notre côté, quand cela lui arrive, bien que la religion soit tout ce qu'il y a de plus sérieux, nous ne pouvons pas toujours nous empêcher de sourire des bévues qu'il commet en ce genre d'exercice. Ce sourire n'est peut-être pas charitable, je l'avoue ; mais enfin il n'est pas hostile, il n'exclut ni la compassion, qui est en pareil cas la meilleure forme de la bienveillance, ni l'estime pour ce qu'il y a de sérieux et d'utile dans ses travaux scientifiques.

Que notre collaborateur soit, aussi réellement que moi, dans ces bonnes dispositions, j'ai promis de vous le prouver ; et je ne dois pas aller bien loin pour en trouver les preuves. Peu de temps avant le *Vade-mecum*, M. Houzeau a publié, avec la collaboration de M. A. Lancaster, un grand ouvrage du même genre, le tome second de sa *Bibliographie générale de l'astronomie*. Notre même collaborateur J. T. lui a consacré trois articles dans la Revue (1), et je n'ai qu'à tourner les pages de l'un d'eux pour y relever, de distance en distance, les appréciations suivantes : « C'est une publication dont l'importance et le mérite n'échapperont à personne... Tout le monde conviendra de son utilité... Ce travail considérable a été entrepris dans le sens le plus large et avec les soins les plus minutieux... Évidemment, nous n'avons pu revoir une à une toutes les citations de la *Bibliographie générale ;* nous en avons cependant vérifié au hasard un nombre assez considérable pour pouvoir conclure à une très grande exactitude. Les recherches ont été très sérieuses, on ne s'est pas contenté d'indications prises de seconde main... Cet inventaire des richesses de l'astronomie est, croyons-nous, aussi exact, aussi complet que peut l'être le premier jet d'une œuvre de cette nature. Il sera entre les mains de tous ceux qui s'occupent d'astronomie, à quelque titre que ce soit, un gagne-temps précieux, un guide sûr qui leur indiquera les chemins battus et les renseignera sur les progrès accomplis ; il sera enfin, pour les savants laborieux qui l'ont dressé, un héritage légué à la postérité ; car on peut dire de la *Bibliographie générale*, avec plus de vérité que Pline ne le disait du catalogue d'Hipparque : *Cœlum posteris in hereditatem relictum.* »

Vous le voyez, les éloges ne sont pas marchandés ; et, ce qui leur donne du prix, ce qui empêche de les confondre avec une vulgaire réclame, c'est que le reste du compte rendu n'est pas simplement une table des matières réduite au petit pied, c'est qu'ils sont formulés en

(1) *Revue des quest. scient.*, t. X, pp. 231 et 590 ; t. XII, p. 598.

connaissance de cause, accompagnés de preuves et même de critiques. On s'est donné la peine de relever des « incorrections » et des « oublis ». « Il y en a vraisemblablement bien d'autres, ajoute l'auteur ; car il est impossible qu'il ne se glisse pas quelques erreurs dans un travail de cette étendue et de cette nature ; le temps les fera disparaître. C'est donc dans l'intérêt de la *Bibliographie générale*, dont nous admirons la très grande perfection relative, que nous indiquerons les quelques inexactitudes qui nous ont frappé à la lecture. »

C'est dans le même esprit qu'il a examiné le *Vade-mecum*. Dans l'article même que vous critiquez, il disait au début : « Il est incontestable qu'un travail de cette nature, s'il est complet et exact, est appelé à rendre de grands services aux astronomes. Mais il est bien difficile de le mener à bonne fin. » Il disait en terminant : « Certes, si l'on n'y rencontrait que les taches bien légères que nous venons de signaler, nous le proclamerions une œuvre achevée... Mais nous avons trop peu manié le *Vade-mecum* pour pouvoir l'apprécier à sa juste valeur, et ce n'est pas après avoir tourné les pages d'un tel livre qu'on est à même de le juger. Peut-être aurons-nous l'occasion d'y revenir. »

Eh bien, monsieur, après avoir lu ces passages, croyez-vous encore à l'hostilité systématique de leur auteur ? Ne commencez-vous pas à regretter d'avoir voulu lui faire la leçon ? Vous me direz que vous l'avez faite modestement, en vous couvrant de l'autorité du R.P. Ferrari ; que vous l'avez faite malgré vous, comme le témoigne si tristement votre période finale : « Si votre collaborateur s'était inspiré de ce bon conseil, il m'aurait évité l'ennui que m'a fait éprouver la nécessité de m'en écarter pour faire connaître à vos lecteurs la valeur de son travail. » J'en conviens aisément ; mais il ne fallait pas la faire, car elle n'était nullement méritée.

J'achèverai de vous en convaincre en examinant maintenant vos griefs particuliers.

Vous reprochez à notre collaborateur :

1° D'avoir appelé l'attention sur des fautes d'impression faciles à corriger.

2° D'avoir à plusieurs reprises présenté comme une omission ce qui n'était pas une omission.

3° D'avoir relevé un passage du *Vade-mecum* relatif à l'ouvrage de Dupuis.

Il est exact, en effet, que deux fois notre collaborateur a dit, en une ligne ou deux et sans y insister, qu'il y avait, dans telle ou telle

série de chiffres, des fautes d'impression faciles à corriger. Vous croyez cela malveillant, vous le déclarez puéril, et vous dépensez virilement toute une page avec des tableaux numériques pour en détruire l'effet et nous en faire repentir. Vous avez pris là, monsieur, une peine inutile, car nos lecteurs sont gens d'esprit, car l'écrivain n'avait mis aucune malveillance dans cette simple remarque ; un peu plus d'habitude des comptes rendus sérieux vous en eût certainement averti. Je vous en convaincrai, du reste, en vous racontant brièvement l'histoire de celui-ci.

C'est seulement en décembre 1882 que j'appris, un peu par hasard, la publication du *Vade-mecum*, publication qui, d'après votre lettre, pourrait bien être antérieure de six mois. Comme j'avais tout lieu de croire M. Houzeau fort satisfait des trois articles consacrés à sa *Bibliographie générale* par notre collaborateur J. T., je priai aussitôt celui-ci de s'inscrire pour un compte rendu du nouveau livre. Seulement, et ceci vous expliquera pourquoi ce compte rendu n'a paru que neuf mois plus tard et plus de six semaines après le vôtre, nous voulûmes éviter une dépense inutile. Il me paraissait probable que l'auteur m'en ferait envoyer un exemplaire pour un critique si consciencieux et si bienveillant, et de plus, la Société scientifique échangeant ses publications avec celles de l'Observatoire, j'en attendais un autre pour notre bibliothèque. Ni l'un ni l'autre n'arriva jamais, probablement à cause de l'absence de M. Houzeau ; mais, ne voulant pas que la Revue gardât plus longtemps le silence sur un pareil ouvrage, je l'achetai enfin et l'envoyai à mon confrère. Vous croyez, prenant un peu naïvement à la lettre une figure de rhétorique, qu'il se mit aussitôt à écrire son article après avoir tourné quelques pages du livre. Mais alors il ne nous aurait envoyé qu'un de ces maigres comptes rendus, comme certains écrivains savent en découper dans la table et la préface, vide de renseignements et farci de louanges, tel en un mot que la *Revue des questions scientifiques* eût certainement refusé de le publier. Détrompez-vous, ce n'est pas ainsi que les choses se font. Il consacra bien des heures à ce volume, qui comprend ou, comme vous dites, « comporte » 1144 pages. Il ne se contenta pas de le feuilleter, mais l'annota d'un bout à l'autre, corrigeant non seulement les fautes d'impression, mais encore et surtout les inexactitudes et les omissions, en y ajoutant même, pour le rendre plus utile, les renseignements nouveaux qu'il rencontrait dans les journaux scientifiques. J'ai pu moi-même constater l'importance de son travail ; car, en recevant votre lettre, je dus le prier de me renvoyer, pour me permettre d'apprécier

votre cas, ce gros volume dont je n'avais pas d'autre exemplaire. Eh bien, j'y ai compté, en le feuilletant à mon tour, plus de 250 annotations ; et je vis qu'il n'en avait employé qu'une petite partie pour son article, en choisissant surtout ce qui pouvait être utile à d'autres. Cela n'était ni malveillant, ni puéril ; mais c'était le moyen de rendre plus sûr et plus avantageux pour nos lecteurs l'usage du *Vade-mecum*.

En parcourant ces notes, j'aperçois parmi les valeurs de l'obliquité de l'écliptique deux erreurs que vous ne citez pas. La première est corrigée avec pièce à l'appui ; mais elle ne sautait pas aux yeux, et vous n'étiez pas tenu de la citer. Au contraire, vous auriez bien fait de citer la suivante :

$$13^{\circ}\ 30'\ 30'',$$

qui n'est qu'une faute, comme vous dites, « peu conséquente ». En revanche, dans vos tableaux relatifs aux satellites de Jupiter, vous auriez pu sans inconvénient supprimer six lignes sur huit ; car ces lignes rentrent toutes dans la singulière formule que voici :

On a imprimé tel nombre *au lieu du* même nombre,

qui fait songer à cette autre formule, un peu triviale, mais parfaitement équivalente : plus ça change et plus c'est la même chose. Et dans ce terrible *errata* que vous étalez en trophée, la dernière ligne est singulièrement malheureuse. Elle signifie que, d'après vous, la septième édition de l'*Introduction* d'Elias Loomis a paru en 1877 et non en 1882. Le *Vade-mecum* (p. 922) disait de cet ouvrage : « Souvent réimprimé. 5e édit., 1865. » Notre collaborateur, qui avait sur sa table une édition portant au titre : « *Seventh edition*. New York, 1882, » annota en conséquence cette page 922, et fit passer la note dans son compte rendu. Vous avez tort de le contredire ; mais, triste mésaventure, cette contradiction s'adresse à M. Houzeau lui-même. Je trouve, en effet, à son *errata* imprimé, p. XXVIII, la note suivante qui porte précisément sur cet ouvrage de Loomis :

Page 922, n° 3160. Ajoutez une 7e édition, 1882.

Pas plus que vous, notre collaborateur n'avait vu cette note.

Je pourrais à peu de frais, en fourrageant au hasard dans l'exemplaire annoté que j'ai sous les yeux, donner ici l'essor à un grand nombre de critiques inédites. Il vaut mieux n'en rien faire pour le moment. Ce serait allonger considérablement cette lettre ; les plus utiles de ces notes ont déjà servi en octobre, et vous pourriez croire que je transcris les autres pour déprécier, sans provocation suffisante, l'ouvrage de M. Houzeau. Je passe donc immédiatement à votre second grief.

Ici vous ne trouvez plus le procédé puéril; au contraire, il vous paraît d'une telle noirceur que vous vous écriez : « Le fait est inouï, presque incroyable. »

De grâce, monsieur, ne le prenez pas sur ce ton. Il n'y a vraiment d'incroyable que votre émotion et, si vous espérez la communiquer aux lecteurs, il n'y a d'inouï que votre naïveté. Ils la partageraient sans doute si, après leur avoir *appris* que « le *Vade-mecum* porte le millésime de 1882 », vous aviez réellement le droit d'écrire comme vous le faites : « A la page 599, M. J. T. cite les déterminations du diamètre équatorial d'Uranus parues dans les *Astronomische Nachrichten* en 1883 ; de même, à la page 598, il reproche au *Vade-mecum* de ne point être d'accord avec les résultats des recherches qu'Adams a communiquées en janvier 1883 à la *Royal Astronomical Society !* Vraiment de telles... méprises sont inexcusables. » Mais, que penseront-ils de vous quand, en ouvrant la livraison d'octobre, ils constateront que M. J. T. leur a dit avant vous, et très clairement et en toutes lettres :

1° Que le *Vade-mecum* porte le millésime de 1882 (p. 594, l. 16).

2° Que les déterminations citées du diamètre équatorial d'Uranus sont *récentes* et ont paru dans les *Astronomische Nachrichten* en 1883 (p. 599, l. 18 et note 2).

3° Que les recherches de J.-C. Adams ont été communiquées en janvier 1883 à la *Royal Astronomical Society* (p. 598, dernière ligne).

Ils constateront, par conséquent, que « les... méprises » qui vous font frissonner, loin d'être inexcusables, n'ont pas le plus léger besoin d'excuse, puisqu'elles n'ont jamais existé. Mais, encore une fois, que penseront-ils de vous ? Ils croiront peut-être que vous avez voulu les tromper en leur présentant ces fantômes, afin de leur rendre suspecte la bonne foi de notre collaborateur. Eh bien, moi, je ne le crois pas ; car, dans ce cas, vous n'auriez pas cité vous-même les pages 598 et 599 d'octobre à des lecteurs qui, pour la plupart, les ont sans doute sous la main. Je ne m'écrierai donc pas : C'est inouï, c'est incroyable, c'est inexcusable ! Je dirai seulement que vous avez été aveuglé par votre zèle pour l'honneur du *Vade-mecum*, qui cependant ici ne courait pas le moindre danger, aveuglé aussi, je le pense, par une triste prévention.

Vous voyez partout des reproches et des trahisons. C'est là une dangereuse disposition, que nous plaignons sans l'incriminer, et que

vous devez tâcher de guérir. Prenez garde à ce que les médecins appellent le délire de la persécution. Vous rencontrez, page 598, cette simple note détachée : « Le *Selenographical Journal*, renseigné au n° 2329, a cessé de paraître. » Pour tout le monde, c'est un renseignement utile. Pour vous, ce doit être un reproche, et un reproche malhonnête. Notre collaborateur donne quelques mesures nouvelles du coefficient d'aberration ; il prend soin d'ajouter qu'elles sont récentes, et n'adresse en donnant ce renseignement aucun reproche à personne. Ce doit être un reproche, et un reproche malhonnête. Il donne de même, non pas l'éphéméride, mais les éléments de la comète de 1771 d'après les recherches du Dr Kreutz ; il prend soin d'ajouter que ces recherches sont récentes. Cela encore doit être un reproche, et un reproche malhonnête.

Cette malheureuse manie vous cause parfois des embarras bien superflus. Ainsi elle vous persuade, à tort, qu'il faudrait réfuter le passage où il est parlé du *Traité* d'Abel Souchon. D'un autre côté, vous n'en trouvez pas le moyen, et vous êtes réduit à ne répondre que par trois points d'exclamation. Ce n'est pas triomphant, on pourrait vous en opposer le double.

M. Houzeau, je le sais, ne partage pas du tout vos préventions. Il disait dans le *Vade-mecum :* « La publication, en quelque sorte journalière, de nouvelles recherches rend bientôt incomplet un ouvrage du genre de celui-ci (1). » Et dans la *Description* de sa *Bibliographie générale* (2) il déclarait compter sur le concours des astronomes : « Nous espérons même, disait-il, que, dans l'intérêt de ce travail qui doit être utile à tous, messieurs les astronomes, auxquels nous aurions l'occasion de nous adresser, voudront bien nous communiquer les renseignements complémentaires que nous pourrions réclamer de leur obligeance. » Un écrivain qui fait en public et aussi simplement de telles déclarations n'aura jamais le mauvais goût d'en vouloir à un critique consciencieux et bienveillant qui, par des « renseignements complémentaires », tient ses lecteurs au courant des « nouvelles recherches ».

Dans tout l'article que vous blâmez si amèrement, je ne vois qu'un seul tort à redresser ; il est bien léger et certainement involontaire. Je lis au bas de la page 600, que « M. Houzeau aurait pu ajouter » les parallaxes de α Lyræ et de 61 Cygni déterminées par M. Asaph Hall. Si, comme vous semblez le dire (et je n'ai aucune raison positive de le

(1) Introduction, p. x.

(2) *Bibliographie générale de l'astronomie.* Description de l'ouvrage, p. v.

contester), ces déterminations n'ont pas été publiées avant la fin de décembre 1882, on a eu tort de dire que M. Houzeau *aurait pu* les ajouter à son tableau. Ce tort, on le ferait disparaître tout entier par une simple note : Page 600, ligne 31 : au lieu de *aurait pu*, lisez *pourrait*. Vous êtes donc autorisé à remplacer par cette ligne la dernière de votre *errata*, qui, comme je vous l'ai dit plus haut, exprime un *reproche* mal fondé.

J'en viens à votre troisième grief. Où donc avez-vous vu que notre collaborateur ne peut pas admettre que le « fameux ouvrage » de Dupuis ait été « diversement apprécié » ? D'après vous, cette assertion « l'offusque tant » qu'il « a cru pouvoir passer sous silence! » une partie de l'éloge de Dacier; il veut prouver le contraire ; il « regrette tant de voir figurer » ce titre-là dans le *Vade-mecum*. Où avez-vous vu tout cela ? — Dans vos préventions, monsieur, et pas ailleurs.

Savez-vous ce qu'il y a dans le passage que vous essayez d'écraser sous des citations de Lalande et de Dacier ? Il y a tout simplement le sourire dont je parlais plus haut. Le « fameux ouvrage » est très justement tombé dans l'oubli du vivant même de son auteur ; aucun astronome de nos jours ne songe à le consulter. Notre collaborateur a sans doute pensé que, si Dupuis n'avait pas regardé le christianisme comme « la pire des erreurs », le *Vade-mecum* n'aurait pas plus mentionné son factum qu'il ne mentionne les théories mystiques et astronomiques de M. Piazzi Smyth, astronome royal d'Écosse, sur la grande pyramide. J'avoue que je partage cette opinion, et, je l'ajoute volontiers, je serais heureux de me tromper. Malheureusement, vos citations ne prouvent pas que nous nous trompons.

L'auteur du *Vade-mecum*, si notre correspondance lui tombe sous les yeux, vous remerciera certainement de votre bonne volonté ; mais il ajoutera probablement : Surtout, pas de zèle! C'est un bon conseil qui vaut bien celui du P. Ferrari. Si donc vous éprouvez de nouveau l'envie de nous écrire une lettre à l'encre acidulée, ne vous pressez pas; assurez-vous bien d'abord que vous avez raison.

Veuillez agréer, monsieur, l'hommage de mes sentiments de haute considération.

I. Carbonnelle. S. J.

BIBLIOGRAPHIE

Cours d'Exploitation des mines, par M. Haton de la Goupillière, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École supérieure des Mines de Paris. — Tome premier, 1 vol. in-8°, Paris, Dunod, 1884.

La chaire d'Exploitation et de Machines, à l'École des mines de Paris, a toujours été occupée avec une distinction particulière. Il y a plus de trente ans, cet enseignement était donné par Combes, homme aussi éminent comme savant que comme praticien, auteur d'un *Traité* classique, qui pourrait encore suffire à guider les exploitants, si les progrès continuels de l'art des mines n'avaient amené un grand nombre de perfectionnements, dont il est nécessaire de faire profiter les nouvelles générations d'étudiants. Le successeur de Combes fut M. Callon, que la sûreté de son jugement avait mis, dans le monde de l'industrie, en possession d'une notoriété indiscutée, et dont le *Cours d'exploitation*, publié en 1874, est une œuvre de la plus haute valeur.

Lorsque M. Callon ressentit les premières atteintes du mal auquel il devait succomber, il choisit comme suppléant M. Haton de la Goupillière, ingénieur en chef des mines, qui avait déjà professé avec succès la mécanique à la Sorbonne. Bientôt M. Haton dut se charger aussi de la partie du cours relative à l'exploitation proprement dite. Aidé d'abord par les notes de M. Callon, mis au courant par de nombreuses visites aux principaux centres miniers, le nouveau professeur se montrait bientôt tout à fait digne de succéder au maître, par le succès non contesté d'un enseignement où les élèves aimaient à reconnaître, avec la sûreté de la doctrine, la clarté de l'exposition jointe à

l'élégance du langage. Mais le cours de l'École des mines n'est pas public et les élèves sont seuls appelés à en profiter. Aussi est-ce une bonne fortune, pour tous ceux qui veulent être au courant des progrès de cette branche de l'industrie, que la publication du livre dont la librairie Dunod vient de mettre en vente le premier volume.

Pénétré de cette pensée, que le principal devoir d'un auteur didactique est d'apporter, dans son exposition, le plus d'ordre et de méthode qu'il est possible, M. Haton de la Goupillière s'est efforcé de relier ensemble toutes les parties de l'art des mines et de les enchaîner logiquement les unes aux autres, en les présentant comme les étapes successives d'un chemin parcouru sous l'empire d'une même idée directrice. C'est ainsi qu'ayant distingué deux ordres principaux de questions, les unes relatives à l'*attaque* de la masse terrestre, les autres ayant trait aux *transports* de toute nature à effectuer dans son sein, l'auteur divise l'étude des moyens d'attaque en quatre sections : 1° *Recherches de mines ;* 2° *Abatage ;* 3° *Voies de communication* (puits, galeries, plans inclinés) ; 4° *Méthodes d'exploitation*. Quant aux transports, ils donnent lieu aux divisions suivantes : 5° *Roulage*, c'est-à-dire transports suivant l'horizontale ; 6° *Extraction* ou transports suivant la verticale ; 7° *Épuisement* ou transport des matières liquides ; 8° *Aérage* ou mise en mouvement des matières gazeuses. A ces divisions se rattache, sous la rubrique *Services divers*, une neuvième section comprenant la descente des ouvriers, l'éclairage, les sauvetages. Enfin la *Préparation mécanique* fait l'objet de la dixième et dernière section, où les matières extraites doivent être suivies jusqu'au moment de leur passage à l'industrie.

On peut juger par cet exposé du nombre considérable des questions qui sont abordées dans le *Cours d'exploitation*. Chacune, pour être traitée à fond, exigerait des volumes. Mais l'auteur n'a pas cédé à la tentation de grossir son œuvre par des détails qu'il lui eût été facile de puiser dans toutes sortes de livres spéciaux. Avec une grande mesure, il s'est borné à développer les notions générales, renvoyant, par une multitude d'indications bibliographiques, où sa conscience, aussi bien que son érudition, se fait jour, aux sources qu'il peut être utile de consulter dans chaque cas particulier.

Le volume que nous avons sous les yeux, renfermant 800 pages et plus de 450 gravures, est consacré aux cinq premières sections. Nous allons les passer rapidement en revue.

1. Recherches de Mines. — Les règles qui président à la recherche des gîtes minéraux ont acquis de nos jours une importance

particulière, en raison des occasions, de plus en plus fréquentes, qui s'offrent aux ingénieurs de se prononcer sur la valeur des affaires de mines. Sur tous les points du globe, l'esprit de spéculation pousse à la recherche des gisements de matières utiles, fût-ce même dans les pays où la civilisation n'a nullement pénétré. Grâce à la facilité des communications, c'est un jeu d'envoyer un homme du métier à des distances de plusieurs milliers de lieues, avec la mission de procéder à une reconnaissance sommaire, de laquelle dépendra la décision des financiers qui ont conçu l'idée de l'entreprise. Or de quelque expérience pratique qu'on puisse être pourvu, cette expérience toute seule risque d'être d'un faible secours, en présence d'un gîte peu ou point exploré. Il importe donc plus que jamais d'avoir l'esprit meublé de notions, théoriques en apparence, mais qui ne sont au fond que le résumé de ce qu'une observation attentive a permis d'enregistrer depuis des siècles. De telles notions, à la condition d'être appliquées avec discernement, peuvent conduire à imprimer aux premières recherches une direction féconde, en faisant apprécier l'importance de divers indices, qu'un observateur moins instruit pourrait être tenté de négliger.

En tous cas, voilà bien, à nos yeux, de ces choses qui doivent être enseignées dans les écoles et, quelque dédain que certains praticiens obstinés puissent encore professer à l'endroit de ce genre de considérations, nous sommes de ceux qui pensent que l'enseignement a précisément pour mission de les répandre : non pour laisser croire aux débutants qu'ils ont la science infuse : mais pour les orienter au milieu des difficultés qui les attendent au sortir des bancs.

Aussi applaudissons-nous volontiers aux chapitres dans lesquels M. Haton de la Goupillière a développé les règles de la recherche des gîtes, et spécialement à la mention détaillée qu'il a faite des principes énoncés par M. Moissenet relativement à la distribution des parties riches dans les filons. Il y a déjà plusieurs années que nous avons eu l'occasion de faire ressortir, dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, le mérite du livre de M. Moissenet (1), où l'expérience des capitaines de mines du district de Cornouailles a été si heureusement traduite en formules précises. L'influence de la nature de la roche encaissante et celle des plongements respectifs du terrain et des filons, tant sur la direction des cassures que sur la composition des remplissages, enfin les règles à suivre en matière de rejets, y

(1) *Parties riches des filons*, 1 vol. avec atlas; Paris, Dunod, 1874.

sont bien mises en lumière. Le caractère essentiellement géométrique de ce chapitre, où l'auteur a apporté sa bonne part personnelle, n'est pas fait pour nous déplaire, à la condition bien entendu qu'on ne cherchera dans les formules que des indications générales, dont la valeur pratique reste subordonnée à mille circonstances de détail.

Nous avons trouvé avec plaisir, dans cette section, une courte mention de l'ingénieuse méthode du *magnétomètre*, appliquée par M. de Thalen à la recherche des gîtes de minerai de fer magnétique. Quant aux détails relatifs aux divers procédés de sondage (y compris le sondage au diamant), leur brièveté ne les empêche pas de donner une idée très claire des méthodes usitées, dont l'intelligence est d'ailleurs facilitée par de nombreux dessins.

II. Abatage. L'abatage comporte cinq modes essentiels, suivant que le travail se fait à la main, à l'eau, au feu, à la poudre ou à l'air comprimé. Dans la description des modes d'abatage à l'eau, nous remarquons la mention du *coin hydraulique* de Levet, ainsi que celle du *tirage à la chaux vive*, récemment préconisé pour les exploitations grisouteuses. Le tirage à la poudre et à la dynamite est étudié avec d'assez grands détails, et le chapitre de la perforation mécanique se recommande par la description et les dessins des meilleures machines, y compris celle imaginée par le colonel Beaumont pour le percement du tunnel sous-marin. Des tableaux détaillés font connaître toutes les données numériques relatives à ce genre de travaux.

III. Voies de communication. — Le premier chapitre de cette section est consacré au *boisage;* le second au *muraillement* et au *blindage*. L'auteur a soin de distinguer successivement le cas des galeries, celui des puits, enfin le cas des *points singuliers*, tels que chambres d'accrochage, places de machines. Deux chapitres traitent du percement des galeries et de celui des tunnels, après quoi l'auteur aborde l'importante question du *fonçage* des puits, soit à *niveau bas*, soit à *niveau plein*. Il est inutile de dire que le procédé Chaudron est signalé avec toute l'attention qu'il mérite; de plus, les fonçages *sous stot*, destinés à l'approfondissement des puits, sont l'objet d'une mention spéciale.

IV. Méthodes d'exploitation. — Les méthodes d'exploitation sont, en fait, excessivement nombreuses ; mais, en principe, elles peuvent se ramener à un petit nombre de types principaux, que M. Haton de la Goupillière réduit à trois : 1° *Abandon des massifs*, où les vides sont pratiqués dans le gîte sur l'étendue que comporte la solidité du

toit, les piliers de soutien étant destinés à demeurer, c'est-à-dire à être perdus pour l'exploitation. 2° *Foudroyage du toit*, où l'on cherche à enlever toute la matière utile, laissant le toit s'effondrer à mesure sur les vides produits. 3° *Remblayage des chantiers*, où l'introduction méthodique de matériaux, dans les vides laissés par l'exploitation, diminue le danger pour les ouvriers et empêche des éboulements capables, soit de faire perdre du minerai, soit de disloquer le sol jusqu'à la surface.

A l'abandon des massifs se rapporte le chapitre XVII. Après avoir distingué trois méthodes, celles des *piliers*, des *cloisons* et des *estaus*, l'auteur discute par le calcul leurs mérites respectifs et fait connaître divers exemples typiques, empruntés aux ardoisières, aux houillères, aux gîtes de sel gemme, de carnallite, d'étain, etc.

A la suite des chapitres XVIII et XIX, relatifs au foudroyage, vient l'étude générale des méthodes fondées sur l'emploi des remblais et que M. Haton classe de la manière suivante : *A. Gîtes minces*. 1° Méthode des Chambres ; 2° Méthode des Grandes Tailles ; 3° Méthode des Gradins. — *B. Gîtes puissants*. 1° Méthode inclinée ; 2° Méthode horizontale ; 3° Méthode verticale ; 4° Méthode de rabatage. L'exposé de l'application de ces divers procédés remplit deux chapitres ; un troisième, portant le numéro XXIII (enrichi de nombreuses données numériques, très précises et sérieusement contrôlées, relativement aux prix de revient) est consacré à la comparaison des méthodes et à la discussion du choix qu'il convient d'en faire dans le cas des filons, des amas ou des couches.

Les méthodes dont il vient d'être question sont relatives à l'exploitation souterraine des gîtes. Mais il est des cas où l'exploitation à ciel ouvert est indiquée par les circonstances. M. Haton en expose les principes dans le chapitre XXIV, où il passe en revue les exemples tirés des ardoisières et ceux que fournissent les mines de fer de Bilbao et de Mokta, les mines de Rio Tinto, les houillères de Decazeville ; enfin les curieux gîtes diamantifères de l'Afrique australe, où l'extrême morcellement des concessions impose à l'exploitation des conditions si particulières. De nombreux dessins inédits, exécutés à l'échelle, augmentent la valeur de cet exposé.

V. Roulage. — Un premier chapitre (n° XXV) a pour objet les transports qui s'effectuent sans le secours de voies ferrées. Ensuite vient l'étude sommaire des chemins de fer de mines sur voies sensiblement horizontales, qui occupe les chapitres XXVI et XXVII. Les équations fondamentales de la pente y sont établies avec la compé-

tence dont l'auteur a déjà fait preuve dans son *Traité des mécanismes*. On peut ainsi comparer l'effet utile du roulage *spontané* avec celui du roulage *égalisé*, c'est-à-dire où le travail de la descente des wagons pleins est rendu égal à celui de la remontée des wagons vides. Dans l'étude du *matériel roulant*, nous relevons d'utiles indications sur les locomotives souterraines, avec ou sans foyer, ainsi que sur les machines à air comprimé.

Le chapitre XXVIII traite des *plans inclinés automoteurs*. Ensuite l'auteur étudie (chap. XXIX) les divers modes de tractions mécaniques, dont l'emploi se généralise de plus en plus, savoir : le système *corde-tête et corde-queue*, celui de la *chaîne sans fin*, celui de la *chaîne traînante*, enfin le système de la *chaîne flottante*, dont il a été fait à Mariemont de si belles applications. Le chapitre se termine par la discussion de la *courbe d'équilibre* qu'il conviendrait de donner aux rampes pour régulariser les efforts. Cette courbe se trouve être une *cycloïde*, ainsi que l'auteur le démontre par une méthode qui lui est propre.

Le chapitre XXX, le dernier du volume, a pour objets : d'abord l'étude sommaire de la *force motrice* dans les mines, suivant qu'on emploie les moteurs animés, les moteurs hydrauliques ou atmosphériques, ou la vapeur ; ensuite l'examen des modes de transmission de la force, où il peut être fait usage de barres de renvoi, de câbles, d'eau sous pression, d'air comprimé, enfin de transmissions électriques.

Pour résumer notre impression, il nous est agréable d'avoir à constater le caractère essentiellement *didactique* du livre de M. Haton de la Goupillière. Ce n'est pas un traité encyclopédique, ayant la prétention de suffire à tous les besoins des exploitants ; c'est bien, comme l'auteur l'a voulu, un *Cours*, tel qu'il doit être professé dans une École, au sortir de laquelle chacun devra subir l'épreuve d'une initiation plus ou moins longue aux choses de la pratique. Pour aborder avec fruit cette initiation, il convient d'être pourvu de connaissances à la fois générales et précises, bien enchaînées les unes aux autres, toutes conçues de manière à élargir les idées, à ouvrir des horizons, de telle sorte qu'un esprit intelligent se trouve armé pour profiter de tout ce qu'il rencontrera. Ainsi qu'on l'a dit bien souvent, aussi longtemps qu'on reste sur les bancs, *on apprend à apprendre ;* l'enseignement technique doit nous dire comment il faut regarder les choses pour en tirer profit. La méthode qui règne d'un bout à l'autre du livre de M. Haton, les efforts faits pour intéresser l'élève en lui montrant l'intime liaison des divers chapitres, nous semblent bien propres à ame-

ner ce résultat. Même les hommes d'expérience auront avantage à consulter ce livre, où toutes les sources d'information les plus nouvelles sont indiquées et mises à profit avec tant de conscience. Ajoutons que l'exécution matérielle mérite de grands éloges et que les excellentes gravures, intercalées en si grand nombre dans le texte, viennent le plus heureusement du monde en aide aux descriptions.

A. DE LAPPARENT.

II

COURS DE MINÉRALOGIE, par A. DE LAPPARENT, avec 450 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée. Paris, chez Savy, 1883.

D'après l'auteur, la minéralogie est l'histoire naturelle des corps inorganiques ou minéraux, considérés comme *espèces simples :* restriction qui fait la part aux agglomérations d'espèces minérales constituant les roches, à la pétrographie, et aux autres sciences qui se rattachent à la géologie. Le cadre ainsi défini est encore très étendu : puisqu'il embrasse non seulement les liquides et les gaz qui figurent dans l'enveloppe de la terre, mais aussi tous les produits du laboratoire et de la métallurgie. La plupart des minéralogistes de ce siècle, à partir de Haüy et de A. Brongniart jusqu'à Tschermak dont le *Lehrbuch* paraît en ce moment à Vienne, écartant tous les produits artificiels, restreignent la minéralogie aux corps bruts que la nature nous présente. Et même, presque tous, pratiquement parlant, excluent de leurs descriptions minéralogiques les liquides et les gaz naturels : ce que fait à son tour M. de Lapparent dans la section descriptive de son livre. Je pense néanmoins que mon savant ami a raison dans sa définition générale, car les doctrines concernant la forme, la structure cristalline et les diverses propriétés physiques possèdent un caractère de généralité qui va bien au delà des minéraux rencontrés jusqu'à présent dans la croûte du globe : et, de plus, comme il l'ajoute lui-même, chacun des produits du laboratoire peut être retrouvé, quelque jour, dans un gisement auparavant inconnu.

Le *Cours de minéralogie* est divisé en trois livres, savoir : cristallographie géométrique, cristallographie physique et description succincte des principales espèces minérales.

Cette division est très remarquable. Elle aurait beaucoup surpris

non seulement Werner, qui concentrait son génie d'observation sur les caractères externes des minéraux, mais Haüy lui-même, pour qui cependant l'étude de la structure cristalline « était le plus beau point de vue de la minéralogie » (1). En effet, M. de Lapparent ayant mis à part comme une simple dépendance du domaine de la chimie ce qui concerne la composition des minéraux, il se trouve que la forme et la structure cristallines, envisagées en elles-mêmes ou dans leurs conséquences sur les propriétés physiques, semblent comporter à peu près tous les caractères qui font l'objet propre du minéralogiste. Cette division hardie est l'expression d'un état de la science plus avancé peut-être que ne l'est la minéralogie aujourd'hui ; mais, en lisant le présent ouvrage, on acquiert la conviction que l'on marche à grands pas vers l'idéal que l'auteur suppose atteint déjà dans la marche didactique qu'il a adoptée.

M. de Lapparent reconnaît dans la molécule elle-même le véritable individu minéralogique. Delafosse, dès avant 1860, s'était déjà exprimé de la même manière (2). L'identité spécifique des molécules minérales implique entre elles : identité de nature des atomes chimiques constituants, identité dans le nombre absolu de ces atomes, et identité dans l'arrangement de ces atomes autour du centre commun de gravité. Les groupements atomiques ont donc même forme et même structure dans tous les *polyèdres moléculaires* d'une même espèce. M. de Lapparent, comme je l'ai dit, abandonnant au chimiste l'étude de la composition, s'attache à la structure, à la forme et aux propriétés physiques qui en dérivent, c'est-à-dire qu'il traite surtout de la cristallographie, qu'il appelle la partie essentielle et principale de la tâche du minéralogiste.

Comme on peut en juger déjà, la cristallographie constitue la partie capitale du *Cours de minéralogie*. Elle y occupe la place d'honneur, ainsi que l'auteur s'exprime lui-même ; et j'ajouterai qu'en lisant l'ouvrage on voit qu'elle mérite cette distinction. La prédilection avec laquelle l'auteur expose cette branche des connaissances tient à la simplicité, à la rigueur et à la fécondité des considérations fondamentales sur lesquelles elle s'appuie, quand on prend pour guide les travaux admirables et trop longtemps délaissés de Bravais. Depuis quelques années, un savant français, M. Mallard, a remis ces travaux de Bravais en lumière ; il en a simplifié la démonstration ; il s'est appliqué à les faire entrer dans l'enseignement, en même temps qu'il

(1) *Traité de minéralogie*. Paris, 1801, p. 18.
(2) *Nouveau cours de minéralogie*, t. II, p. 4.

les complétait sur plusieurs points d'une grande importance, en les mettant en rapport avec beaucoup d'anomalies que les observations récentes ont révélées dans le règne minéral. Mais les écrits de M. Mallard et notamment son beau *Traité de cristallographie* (1), qui est encore inachevé, sont des œuvres de haute portée scientifique, peu accessibles aux chercheurs qui se placent avant tout au point de vue de l'histoire naturelle. M. de Lapparent a pris à tâche d'exposer la cristallographie d'après les bases fondamentales de Bravais dans un langage simple, mis à la portée de ceux qui ne sont pas étrangers aux mathématiques élémentaires, en ajoutant les éclaircissements et les figures qu'il a jugés utiles à son but.

La théorie des assemblages réticulaires envisagés géométriquement est le point de départ. Ce sont les lois formulées par cette théorie qui président à la distribution régulière de la matière solide dans l'espace. Les conséquences logiques que l'étude y fait découvrir ont la rigueur de la géométrie pure et s'appliquent si naturellement aux édifices cristallins réalisés dans la nature, que la doctrine y trouve une sorte de confirmation expérimentale. Les propriétés les plus remarquables constatées par l'observation dans les cristaux naturels ou artificiels se trouvent justifiées. Symétrie des modifications susceptibles d'affecter un cristal, invariabilité des angles dièdres, loi des troncatures rationnelles, existence et caractères physiques des clivages, caractères et symétrie de chacun des systèmes cristallins, hémiédrie et tétartoédrie, groupements hémitropes et enchevêtrements complexes de portions distinctes voilés sous l'apparente simplicité de la forme extérieure : toutes ces lois, tous ces faits curieux ou étranges s'enchaînent aux considérations fondamentales, ou du moins s'éclairent et s'expliquent. Aussi M. de Lapparent, frappé de ces concordances, déclare-t-il que la cristallographie ainsi comprise est la doctrine la plus satisfaisante que les sciences physiques aient encore édifiée, et le *plus solide titre de gloire de la science française*.

L'auteur a donné ici même, il y a quelques mois (1), un résumé substantiel de sa doctrine cristallographique. Tout lecteur attentif aura remarqué combien la théorie des réseaux moléculaires s'adapte heureusement aux particularités manifestées dans les cristaux, et notamment à des circonstances inconnues des pères de la science et qui n'ont pu être révélées qu'à l'aide des moyens de recherches si

(1) *Traité de cristallographie*, t. I, avec atlas. Paris, 1879. Chez Dunod.
(2) *Revue des quest. scientif.*, juillet 1883.

perfectionnés dont on dispose aujourd'hui. Comment n'être pas frappé, par exemple, de cette théorie de l'*isomorphisme des réseaux*, d'où découle la possibilité, au point de vue de la statique moléculaire, de ces constructions à contours polyédriques simples, qni ont commencé par tromper tous les cristallographes, et qui dérivent, en réalité, comme le prouve l'examen optique, de l'agencement de lames cristallines à symétrie moins élevée que celle de l'édifice qu'elles réalisent dans leur groupement? Tschermak a donné à ces cristaux d'une simplicité trompeuse, et qui sont en réalité très polysynthétiques, le nom de cristaux *mimétiques*. Leur théorie générale a été abordée pour la première fois et avec une rare pénétration dans un mémoire capital de M. Mallard, mémoire entièrement inspiré par les idées de Bravais (1). Les cas de cristaux mimétiques se sont augmentés dans les dernières années. Ils soulèvent des questions touchant à la philosophie de la science. Quelle peut être la raison de cette tendance des molécules cristallines vers des associations plus symétriques qu'elles ne le sont elles-mêmes? M. de Lapparent répond que l'état cristallin représente le maximum de stabilité dont l'arrangement de la matière est susceptible, que cette stabilité est, par opposition au corps vivant, la véritable caractéristique du corps minéral, qu'elle est la condition de sa résistance aux agents extérieurs, et enfin qu'elle est d'autant mieux réalisée que l'agrégation cristalline se rapproche davantage de la symétrie cubique.

J'ai admiré que M. de Lapparent pût traiter si rapidement et de manière à être compris, dans l'article de la *Revue*, des questions qui paraissent exiger de longs développements didactiques accompagnés de figures. Heureux résultat, qu'on doit au talent de notre savant ami, et aussi à l'incomparable instrument qu'on appelle la langue française! Je crois néanmoins qu'il sera plus facile et autrement intéressant encore pour le lecteur qui tient à s'orienter dans la théorie de la structure cristalline, d'étudier les chapitres que M. de Lapparent lui consacre dans son *Cours de minéralogie*, et où il déploie à un haut degré cet aspect d'ordre et de méthode dont il a fourni de si excellents exemples dans son *Traité de géologie*.

Le livre premier, comme on l'a vu, est consacré à la cristallographie

(1) *Annales des mines*, 7e sér., t. X. — J'ai donné dans la *Revue* (juillet 1877, p. 325, et seq.), un compte rendu assez détaillé de ce travail intitulé : Explication des phénomènes optiques anormaux que présentent un grand nombre de substances cristallisées.

géométrique. Une première section traite des notions générales sur les assemblages cristallins ; la seconde section, des divers systèmes.

La première section établit d'abord avec la plus grande clarté le principe des assemblages réticulaires, avec leurs propriétés géométriques, leur expression analytique, ainsi que la loi des troncatures rationnelles et celle des zones qui ne sont ici que de simples corollaires. Suit un chapitre très intéressant, consacré à étudier la symétrie chez les polyèdres et dans les réseaux moléculaires. Quelques théorèmes, dont la démonstration est facile à saisir, font voir que les cas de symétrie possible dans les assemblages réticulaires sont en très petit nombre, et qu'ils sont réalisés dans les divers systèmes cristallins. Cette même section se poursuit par la considération des lois expérimentales de l'hémiédrie étudiées principalement dans les écoles d'Allemagne, et par son explication d'après la théorie des assemblages réticulaires. Cette explication physique de l'hémiédrie, aperçue d'abord par Delafosse, puis précisée par Bravais, est certainement un des côtés les plus séduisants et les plus remarquables de la théorie des assemblages réguliers. Enfin la section se termine par l'exposé des principaux systèmes de projection usités pour représenter les faces cristallines et calculer leurs indices.

La deuxième section concerne l'étude détaillée des systèmes cristallins suivant les principes et les méthodes enseignés dans les notions générales qui précèdent. Dans chaque cas on définit la maille ou noyau réticulaire d'où se peuvent déduire les clivages probables et les faces dominantes. La recherche des diverses formes possibles dans les cristaux oloèdres d'abord, et puis dans les cristaux hémiédriques, est guidée par la considération de la symétrie envisagée dans le centre, dans les axes et dans les plans diamétraux de chaque cristal. Cette marche conduit rapidement et sûrement à la connaissance des diverses formes dérivées ainsi qu'aux notations qui leur conviennent, d'après la méthode de Miller ou d'après celle de Lévy, notations que M. de Lapparent emploie simultanément. La description de chacun des systèmes se termine par un tableau synoptique des diverses formes simples, dans tous les cas d'hémiédrie qui s'y rencontrent. J'ai remarqué avec satisfaction l'emploi fréquent par M. de Lapparent d'expressions telles que *protopyramide*, *macropinakoïde*, *clinopinakoïde*, et autres, qui servent à désigner, d'après les Allemands, certaines faces fréquentes dans les cristaux. Ces termes d'un usage très commode, en dépit de la barbarie de la forme, ont été négligés par la plupart des auteurs français. L'exemple de M. de Lapparent, aussi français de

langage que de cœur, contribuera certainement à les faire accepter de ses compatriotes.

Le dernier chapitre de cette seconde section donne la description de quelques goniomètres et la définition du problème cristallographique au point de vue de la recherche des dimensions de la forme primitive et de la valeur des indices des faces modifiantes. L'auteur ne donne qu'un ou deux exemples de ces calculs. Je regrette qu'il se soit trop pressé dans cette partie de son livre, lequel ne s'adresse pas aux mathématiciens de profession. Je crains que quelques commençants n'y trouvent pas tout ce qui leur était nécessaire pour mettre la théorie en pratique, dans les cas les plus fréquents que présentent les minéraux des divers systèmes cristallins. J'en appelle ici à la condescendance de M. de Lapparent pour la seconde édition.

Le deuxième livre intitulé *Cristallographie physique* comprend une première section pour les propriétés optiques des cristaux, et une seconde section ayant trait aux autres propriétés physiques, aux groupements et à la cristallogénie.

L'optique des cristaux occupe, dans l'ouvrage de M. de Lapparent, la place importante qu'elle réclame aujourd'hui dans l'état de la science. Il est curieux de comparer sous ce rapport les anciens traités de minéralogie avec les nouveaux. Au début de ce siècle, quand cette branche des connaissances était déjà scientifiquement constituée, les maîtres s'arrêtaient fort peu dans leurs écrits sur les phénomènes dépendant de l'agent lumineux. Haüy leur accorde à peine six à sept pages dans le grand traité en quatre volumes qu'il publia en 1801, et A. Brongniart moins de deux pages dans le traité, si remarquable d'ailleurs, qui parut en 1807. Le grand ouvrage de Beudant sur la minéralogie vit le jour en 1830, après les découvertes de Biot, de Fresnel, de Brewster, d'Arago sur la lumière, et on y trouve déjà vingt pages sur les phénomènes de la double réfraction et sur leurs rapports avec les systèmes cristallins. Mais aujourd'hui que l'on a reconnu combien les caractères optiques étaient intimement unis aux propriétés géométriques, voire même chimiques, des cristaux, l'étude de la double réfraction et de la polarisation au point de vue de la symétrie des assemblages cristallins est d'autant plus indispensable, qu'elle fournit souvent le meilleur ou le seul moyen de les déchiffrer. M. de Lapparent imitant en cela M. Mallard, reporte même après l'exposé des propriétés optiques la théorie géométrique des hémitropies et des macles.

L'exposé élémentaire de l'optique des cristaux a fait de grands progrès depuis quelques années, à mesure que la doctrine elle-même

s'enrichissait au double point de vue de la mécanique et des faits d'observation. On dirait que les physiciens se sont efforcés de rendre très accessible l'explication théorique des phénomènes admirables que présentent au microscope les cristaux dans la lumière polarisée. M. de Lapparent a montré encore ici sa supériorité comme professeur. Écartant les développements d'une science transcendante qui l'éloignaient de son but, il n'a dit que le nécessaire, et il a su demeurer élémentaire tout en restant précis, rigoureux et suffisamment complet pour élucider tous les faits de polarisation chromatique auxquels on fait appel dans le diagnostic des divers systèmes cristallins (1).

On ne doit pas perdre de vue que ces procédés de recherche deviennent d'un usage presque général depuis qu'on a compris toute l'importance pour la géologie de l'examen des roches au microscope. Toute étude un peu précise de pétrographie implique actuellement la connaissance théorique et l'habitude des observations opérées à la lumière polarisée. Le principe de ces méthodes doit naturellement être appris en même temps que la cristallographie physique. M. de Lapparent l'a bien vu, et il a complété ses notions générales par des indications nécessaires sur le polychroïsme, la polarisation chromatique des lames minces, et la détermination optique des systèmes cristallins à l'aide du microscope. Au chapitre de la cristallogénie, il a réuni également les particularités les plus importantes révélées par le microscope dans l'intérieur des cristaux, aux données puisées dans les expériences du laboratoire sur leur mode de formation. On rencontre là les principales données acquises sur les diverses inclusions, l'accroissement des cristaux par la juxtaposition des microlithes et la reproduction artificielle des minéraux des roches.

En parlant de l'élasticité, de la cohésion, de la dureté, des propriétés thermiques, électriques et magnétiques des minéraux, l'auteur a résumé, en un petit nombre de pages, la substance des travaux les plus récents sur tous ces sujets. Dans chaque occasion, il a pris soin de relever le rapport qui ne manque jamais d'exister entre les variations de grandeurs auxquelles ces propriétés sont soumises pour un même minéral, et leur orientation relativement à la symétrie moléculaire. Plus les procédés d'examen sont perfectionnés, plus les mesures sont précises, plus ressort cet enchaînement qui lie toutes les manifestations physiques à la nature de l'assemblage réticulaire. C'est la justification

(1) Cette partie de la science m'a paru traitée avec beaucoup de clarté dans l'excellent *Lehrbuch der Mineralogie*, que G. Tschermak publie en ce moment à Vienne, chez A. Hölder, pp. 141-200.

du plan adopté dans le *Cours de minéralogie*, où tous ces caractères physiques sont rangés sous la rubrique *Cristallographie*.

C'est seulement après l'étude précédente que M. de Lapparent aborde les groupements cristallins. La raison en est, comme on l'a dit, qu'il serait souvent impossible de découvrir les lois qui les régissent sans recourir à l'emploi de plusieurs propriétés physiques. Guidé avant tout par MM. Bravais et Mallard, et un peu ensuite par M. Tschermak, il expose la théorie des groupements réguliers avec une éclatante supériorité. Il distingue :

1° Les groupements moléculaires. Ce sont ceux en qui le réseau cristallin proprement dit reste le même dans tout l'assemblage, bien que les nœuds de ce réseau puissent être occupés, soit par des molécules de composition différente (justification de l'isomorphisme chimique), soit par des molécules de même composition autrement orientées (groupements avec pénétration), soit par des molécules hémiédriques inverses les unes des autres et non superposables (association des quartz *dextrogyre* et *lévogyre* en un même cristal).

2° Les groupements réticulaires, lesquels s'opèrent entre les individus de même espèce et de même forme, mais dont les réseaux ont des orientations différentes. Ici se rangent la grande majorité des combinaisons désignées comme *hémitropies* et comme *macles*. On sait qu'autrefois Haüy eut l'ingénieuse idée d'en rendre compte en imaginant qu'un des deux individus faisant partie du groupe décrit une révolution de 180 degrés autour d'un axe perpendiculaire au plan de jonction suivant lequel il s'unit au voisin. Ce sont là les hémitropies *normales* de M. de Lapparent. Il en est d'autres, plus singulières, où l'axe idéal de révolution est situé dans le plan même de jonction. M. de Lapparent les désigne comme *hémitropies parallèles*. Tout minéralogiste sait que ce dernier mode est répété des millions de fois dans les feldspaths en macle de Carlsbad disséminés parmi les roches cristallines. Bravais a posé le principe général qui régit sans distinction toutes ces associations. Les *deux assemblages contigus se juxtaposent suivant un plan parallèle à deux plans réticulaires semblables dans les deux cristaux*. M. de Lapparent en fait voir l'application dans une série d'exemples typiques choisis dans le règne minéral ; toujours on y remarque une tendance prononcée vers la symétrie la plus haute possible.

M. Mallard a démontré que l'identité rigoureuse des deux plans réticulaires contigus et parallèles appartenant à chacun des cristaux *hémitropes* n'était pas indispensable. Il suffit que ces réseaux soient *à peu près*

semblables pour que le groupement puisse s'opérer. Cette tolérance entre des plans réticulaires quasi semblables, qui multiplie les plans de juxtaposition possibles entre les fragments d'une même substance cristalline, s'appelle aujourd'hui *isomorphisme des réseaux*. Il rappelle l'isomorphisme chimique. J'ai déjà dit que l'isomorphisme des réseaux explique admirablement l'existence, parmi les minéraux, de polyèdres d'apparence régulière, qui sont construits en réalité avec des matériaux cristallins dépendant des derniers systèmes. Je recommande au lecteur les quelques pages où M. de Lapparent expose cette belle théorie : elle vaut certes la peine qu'on en saisisse le sens et la portée. J'ajouterai qu'une bonne partie des faits de dimorphisme peuvent y trouver leur explication.

Le troisième et dernier livre du *Cours de minéralogie* est consacré à la description des espèces. Il débute par une section où sont réunies les notions les plus indispensables sur la composition des minéraux, avec des indications succinctes mais précises sur les essais chimiques par la voie sèche et par la voie humide. Après quoi, l'auteur aborde la classification.

Les classifications usitées en minéralogie laissent encore bien à désirer. L'auteur, après avoir signalé les principales, n'adopte aucune de celles qui sont publiées, et en crée une nouvelle, où il cherche, autant que possible, à grouper les minéraux de manière à se rapprocher des associations qu'ils offrent dans leurs gisements naturels. Placé à ce point de vue, il est conduit naturellement à tenir un certain compte de leur mode de formation. C'est donc le rôle pétrographique et géologique des espèces minérales qui préoccupe surtout M. de Lapparent dans cette partie descriptive. J'ajouterai aussi qu'il y vise le rôle métallurgique et industriel de certains minéraux utiles, puisqu'il range dans une même division tous les minerais d'où l'on extrait chacun des métaux lourds du commerce. Voici les grandes coupures de cette classification nouvelle.

Un premier groupe, où figurent exclusivement le quartz et les silicates, comprend les minéraux qui entrent dans les roches fondamentales de la croûte du globe (roches éruptives, schistes cristallins et métamorphiques). On y distingue d'abord l'ordre des silicates essentiels ou accidentels des roches acides (quartz, feldspaths, micas, etc.) ; ensuite l'ordre des silicates caractérisant les roches basiques (groupe amphibolo-pyroxénique, olivine, zéolites, etc.) : enfin l'ordre des silicates propre aux roches métamorphiques (andalousite, staurotide, grenat, serpentines, kaolin, etc.).

Le deuxième groupe embrasse l'ensemble des espèces que M. de Lapparent désigne comme *éléments des gîtes minéraux*, dont beaucoup sont dus à une précipitation chimique. Là se rencontrent des oxydes comme la glace, des carbonates comme la calcite, des sulfates comme le gypse, des phosphates comme l'apatite, etc.

Le troisième groupe embrasse l'ensemble des minerais métalliques qui, comme il est connu, sont particulièrement concentrés dans les filons. Les sulfures, oxydes, carbonates ou sulfates de chaque métal sont décrits les uns à la suite des autres, comme l'a déjà fait Dufrénoy.

Le quatrième groupe comprend les minéraux combustibles dérivés du carbone et de ses combinaisons, tels que charbons, cires, bitumes, etc.

Ce résumé suffit. M. de Lapparent a été frappé des profondes analogies qui s'accusent parfois entre les minéraux associés dans un même gisement, et surtout, il a voulu rendre plus intéressante, comme il le dit lui-même, la partie descriptive de la minéralogie, en faisant ressortir, par la place même qui lui est assignée dans la classification, le rôle dévolu à chaque espèce dans la formation de l'écorce du globe. Je comprends ce désir de la part d'un homme chargé d'enseigner la géologie, et il n'est pas regrettable que la littérature scientifique possède maintenant un traité conçu dans cet esprit, émané d'un savant de la valeur de M. de Lapparent.

Mais si cette tentative prête incontestablement à quelques rapprochements heureux, utiles dans l'enseignement et commodes pour certaines applications, je ne la crois pas appelée à imprimer une modification durable aux principes communément appliqués à la distribution méthodique des espèces minérales. Toute branche des sciences naturelles veut d'abord être traitée pour elle-même; et la coordination naturelle des objets dont elle s'occupe doit reposer avant tout sur les ressemblances et les différences qu'offrent ces objets au point de vue qui lui est propre. L'étude des associations minérales, ou *paragénèse*, comme la nommait Breithaupt, conduit certainement à des vues ingénieuses ou profondes; mais de sa nature elle est à reléguer au second plan. M. de Lapparent le déclare au commencement de son ouvrage : la minéralogie s'occupe des corps bruts en tant qu'*espèces simples*. C'est donc à la connaissance intime de l'espèce qu'il appartient d'établir les degrés d'affinité. La part relative qui revient ici à la composition chimique, à la forme cristalline, aux diverses propriétés physiques, est souvent matière à discussion, et les plus célèbres minéralogistes de notre temps sont loin de s'accorder dans tous

les cas. La classification des minéraux a encore bien des incertitudes, bien des imperfections. Mais les méthodes de la zoologie et de la botanique, quoique plus avancées, ont aussi leurs défectuosités. Je crois qu'il faut maintenir, malgré les embarras, les conditions d'affinité qui dérivent logiquement de la définition acceptée pour la science et de la nature des objets.

En s'inspirant, pour sa méthode, des faits que présentent les agrégations minérales, notre savant ami est contraint de faire appel à la classification des roches acides, basiques, métamorphiques, qui est autrement imparfaite que celle des minéraux, et qui est destinée à garder cette infériorité, puisque l'espèce minérale est susceptible d'une définition précise, tandis que l'espèce en lithologie est de sa nature vague et en grande partie conventionnelle. Il n'est pas un des minéraux importants rangés par M. de Lapparent dans les roches dites acides qu'on ne puisse rencontrer dans les roches basiques. Les unes et les autres sont unies entre elles par les roches neutres. D'ailleurs le microscope révèle habituellement chez les unes et les autres, et souvent à profusion, des oxydes ou des sulfures métalliques cristallisés qui font partie du quatrième groupe de M. de Lapparent, celui des minerais. Quoi de plus constant parmi les roches fondamentales du premier groupe que l'apatite rangée ici dans le deuxième? Quoi de plus habituel chez les minerais du troisième groupe que leur association dans les filons avec des gangues composées des principaux minéraux des groupes précédents, comme le quartz, la calcite, la dolomie, la fluorine, la barytine? On peut faire des observations semblables à propos de plus d'un silicate des roches métamorphiques susceptible d'être rencontré dans les autres divisions. Je tiens pour inutile de m'étendre davantage. Au surplus, M. de Lapparent convient avec franchise qu'il a dû accepter plus d'un compromis et commettre plus d'une infraction pour maintenir ses cadres. Cela était immanquable. Mes objections d'ailleurs s'adressent au principe de sa classification et non à la façon dont il l'a mis en pratique. Pouvait-on faire mieux?

La description des espèces est souvent accompagnée de figures: elle est faite en peu de mots, et néanmoins elle tient compte de tous les points essentiels, et met le lecteur au courant des données les plus importantes de la minéralogie moderne. Le texte se termine par une série de tableaux indiquant la concordance des notations cristallines de Lévy, Miller, Naumann et Dana pour les principales formes connues. Un index explicatif fort bien fait, renfermant 3000 noms environ d'espèces et de variétés minérales, se trouve à la fin du

volume. Ce vocabulaire peut être très précieux pour faciliter la lecture des ouvrages récents de minéralogie et de pétrographie.

C. DE LA VALLÉE POUSSIN.

III

COURS DE BOTANIQUE FOSSILE *fait au Muséum d'histoire naturelle*, par M. B. RENAULT, aide-naturaliste, docteur ès-sciences physiques et naturelles, lauréat de l'Institut, correspondant de l'Institut géologique de Vienne, etc.

Première année. — Avec 21 planches lithographiées. — Un vol. gr. in-8° de x-230 p., 1881.

Deuxième année. — Avec 24 planches lithographiées. — Un vol. même format de II-244 p., 1882.

Troisième année. — Avec 35 planches lithographiées. — Un vol. même format de VIII-314 p., 1883.

Bien que nous ayons analysé dans la *Revue* (1) le premier volume, seul alors paru, de l'importante publication dont le titre figure ci-dessus, nous croyons utile d'en rappeler sommairement la substance. Cela nous aidera à saisir mieux la pensée générale de l'auteur et à mieux comprendre la portée des volumes qui suivent.

Indiquons d'abord le sujet spécial de chacun d'eux, ou mieux de chacune des années jusqu'ici écoulées du cours fait au Muséum et que reproduisent ces volumes.

Le cours de la première année traite des DIPLOXYLÉES, c'est-à-dire de ces végétaux à double bois, l'un endogène ou centripète, l'autre centrifuge ou exogène, qui ne sont plus représentés de nos jours que par quelques cycadées et zamiées des régions intertropicales.

Le tome second s'occupe des LYCOPODIACÉES et des ÉQUISÉTACÉES, les premières comprenant les familles des *lépidodendrées* (Lépidodendrons, Ulodendrons, Bothrodendrons, etc.), des *Isoètes* et des *Rhizocarpées* (Pilulaires, Sphenophyllum, etc.) ; — les secondes nous montrant les Astérophylles et les Annularias *(Hétérosporées)* d'une part, de l'autre les Equisetum, les Calamites, les Schizoneuras *(Isosporées)*.

Dans le troisième volume, nous voyons apparaître cette classe de

(1) Octobre 1881, pp. 800 et suiv.

végétaux toujours si curieuse et si recherchée pour l'étude comme pour l'ornement, classe cryptogamique très principalement dominante aux premiers âges de notre globe et toujours vivante, bien qu'essentiellement subordonnée, en notre époque géologique : nous avons nommé les FOUGÈRES.

I. — PREMIÈRE ANNÉE. — *Les Diploxylées.* — On a vu, *loco citato*, que ces végétaux à double bois sont provisoirement classés, par le savant paléophytologiste, en six familles.

La plus ancienne, celle des *Sigillariées* a des représentants (les *Stigmariées*, ces curieuses plantes souterraines qui, au contact de l'air et de la lumière, donnaient naissance tantôt à des Sigillaires, tantôt à des Lépidodendrons) dès les terrains dévoniens : elle se montre encore sous diverses formes dans le carbonifère, le houiller et le permien, pour disparaître définitivement dès l'aurore des temps jurassiques. L'âge permien est aussi celui des derniers représentants de la famille des *Cordaïtées*, figurée par un seul genre, tandis que le houiller supérieur voit naître et disparaître celle, toute voisine de la première, des *Poroxylées*.

C'est également dans le même étage géologique que se cantonne la famille des *Cycadoxylées*.

Dans la vaste famille des *Zamiées*, représentée encore en notre temps, nous voyons un premier genre se rencontrer exclusivement dans le houiller moyen. Mais ce genre, dont le classement actuel est des plus douteux, ira probablement rejoindre bientôt les Poroxylées qui paraissent être sa vraie famille. Les autres Zamiées appartiennent presque toutes aux âges secondaires : elles ont cependant un représentant dans le houiller supérieur, le *Pterophyllum carbonarium*, quelques-uns dans le permien, comme le *Pteroph. cotlœanum* et le *Dioonites inflexus*, et un assez grand nombre (des Zamites) dans les étages supérieurs jusques et y compris le tertiaire inférieur et moyen.

Quant aux *Cycadées*, dont l'unique genre éteint *(Cycadites)* et les deux genres vivants *(Cycas* et *Stangerias)* peuvent être considérés comme un complément ou un démembrement de la famille des Zamiées plutôt que comme une famille spéciale, elles ont un représentant, douteux encore il est vrai, dans le calcaire carbonifère : le *Cycadites taxodinus ;* et quelques autres dans le lias, le jurassique et le crétacé inférieur, tels que les *C. rectangularis*, *Lorteti* et *affinis*.

On se rappelle que M. Renault avait choisi, pour occuper la pre-

mière année de son cours au Muséum, ce groupe des Diploxylées, comme représentant l'une des plus anciennes classes de végétaux fossiles ayant encore des représentants dans la flore contemporaine. Des caractères communs à ces cinq ou six familles, il en est un, le plus saillant de tous, qui a servi au savant professeur pour leur donner une appellation également commune. C'est la double formation des tissus ligneux, l'une se dirigeant vers le centre, l'autre vers la périphérie ; or ce caractère n'est parfaitement tranché que dans les deux plus anciennes, les Sigillariées et les Poroxylées, où il se manifeste dans toutes les parties de la plante, tige comprise. Quant aux autres familles, ce n'est plus que dans le pétiole et le limbe des feuilles, pour les Cordaïtées, les Cycadoxylées et les Zamiées, dans les écailles des inflorescences pour les Cycadées proprement dites, que se retrouve le double tissu ligneux. Un autre caractère, sinon commun à nos six familles, du moins assez répandu en plusieurs d'entre elles, est l'existence d'une chambre pollinique au nucelle, chambre dans laquelle les grains de pollen détachés de l'anthère continuent à se développer, et se parachèvent pour ne féconder l'ovule que postérieurement. Cette particularité, constatée dans les Sigillaires et les Cordaïtes, se retrouve dans certains genres de nos Zamiées vivantes. Des traces d'un tel état de choses sont constatées dans les graines des Gnétacées, Taxinées, Cupressinées, Abiétinées de nos jours. Ainsi les Diploxylées qui, par le genre Nilssonia, semblent se rattacher aux fougères, se trouveraient apparentées d'autre part à nos arbres résineux.

II. — Deuxième année. — *Lycopodiacées-Équisitacées.* — Les plantes dont la graine n'est pas renfermée dans une enveloppe, mais se présente nue sur le rachis ou sous l'écaille qui la porte, sont appelées *gymnospermes* (γυμνὸς, nu ; σπέρμα, graine). C'est le cas de toutes nos familles et sous-familles de conifères : abiétinées, araucariées, cupressinées, taxinées, podocarpées, gnétacées. C'est aussi celui des familles de plantes que nous venons de rappeler en les désignant, d'après M. Renault, sous l'appellation commune de *Diploxylées*, en raison du double mode de formation de tout ou partie de leurs tissus ligneux (διπλοῦν ξύλον, double bois). Diploxylées ou non, toutes ces familles se rattachent donc à un caractère commun : elles sont, les unes et les autres, gymnospermes. Mais les conifères ont un système ligneux toujours simple ; ce système n'offre jamais qu'un seul mode d'accroissement, toujours centrifuge : ce sont donc des *Monoxylées* (μόνος, seul, unique). M. Renault est ainsi amené, à l'ouverture de son cours de

deuxième année, à grouper ensemble tous les végétaux gymnospermes : les uns, *Gymnospermes monoxylées*, ce sont nos conifères : les autres, *Gymnospermes diploxylées*, ce sont les Cycadées, Zamiées, Cycadoxylées, etc. Ce groupement a une tout autre portée que celle d'un simple arrangement symétrique. Par la structure des Cordaïtées, des Poroxylées et des Sigillaires, les mieux caractérisées de nos trois familles de Diploxylées, les Gymnospermes se trouvent rapprochées par un assez grand nombre de caractères communs, de certains Cryptogames vasculaires. En sorte que, tout phanérogames qu'ils soient, les Sigillaires, dans certaines de leurs espèces, ne se distingueraient plus, suivant plusieurs paléophytologistes, de certains Lepidodendrons : et ces derniers, cryptogames par leur mode de reproduction, mais atteignant un degré d'organisation inconnu parmi les Cryptogames de nos jours, seraient phanérogames par leur tige, et auraient possédé une zone génératrice fonctionnant comme celle de nos conifères de grandes dimensions.

On comprend que tous ces caractères de transition entre familles si différentes pourraient, s'ils se confirmaient et se généralisaient, modifier dans une importante mesure la valeur de nos classements des végétaux en grands embranchements. S'il résultait de l'étude anatomique des divers organes et parties des Cryptogames vasculaires les plus élevés en organisation, que quelques-uns d'entre eux acquièrent, à un certain moment de leur existence, de véritables caractères phanérogamiques, il est certain que la grande division des plantes en Cryptogames et Phanérogames, et par conséquent celle, un peu moins générale, qui les partage en acotylédones, monocotylédones et dicotylédones, perdraient une grande part de leur importance.

C'est cette étude des Cryptogames vasculaires dont l'organisation est le plus élevée que l'auteur s'est proposé de faire ou mieux de commencer dans la deuxième année de son cours.

Il les range en deux groupes : Hétérosporées et Isosporées.

Dans le premier l'on constate l'existence de deux espèces de spores, les unes plus grandes ou *macrospores*, les autres moins grandes ou *microspores*, dont dépendent toujours, soit le *prothalle* mâle ou à *anthéridies*, soit le prothalle femelle ou à *archégones*. Une seule espèce de spore caractérise le second groupe ; le prothalle en est indépendant, et produit des anthéridies et des archégones : il est monoïque.

Ce groupement n'est que provisoire et manque d'exactitude, l'auteur nous en prévient lui-même : car la classe des *Lycopodiacées*, comprise dans le groupe des Hétérosporées, contient cependant un certain nom-

bre de cryptogames à une seule espèce de spores; et la classe des *Equisétacées* comprise dans les Isosporées, correspond bien à ce groupe par des représentants vivants, tandis que ses représentants fossiles offrent des genres et des familles réunissant les deux espèces de spores.

Quoi qu'il en soit, l'auteur affecte aux Cryptogames hétérosporées deux classes : Les *Lycopodiacées* comprenant les Lépidodendrons, les Sélaginelles, les Isoètes, etc., dans lesquels la macrospore est remplie par le prothalle femelle qui ne laisse voir au dehors que la partie portant les archégones; — les *Rhizocarpées* (Pilulaires, Marsilies, Salvinies, etc.), modestes plantes d'eau, flottant au gré de l'onde, où le prothalle femelle sort tout entier de la macrospore.

Dans les Cryptogames isosporées l'on distingue trois classes : les *Ophioglossées* à prothalle monoïque et souterrain, les *Équisétacées* à prothalle monoïque mais étalé sur le sol, et enfin les *Fougères*.

L'auteur ne s'occupe que des Lycopodiacées, des Rhizocarpées et des Équisétacées. Aux Fougères, on l'a vu plus haut, sera affecté son troisième volume. Il entre dans de grands développements sur la description, la structure anatomique, la fructification des Lycopodiacées proprement dites ou Lépidodendrées et les différents genres et espèces qu'elles renferment, et complète cette partie de son cours par une étude comparée sur la structure et le caractère distinctif de cette famille avec celle des Sigillariées. Cette étude est résumée, dans le chapitre qui lui est consacré, en deux colonnes de texte placées à côté l'une de l'autre et donnant une description détaillée des Sigillariées en regard d'une description des Lépidodendrées, de tout point analogue comme disposition du texte, mais faisant ressortir, comme constitution des deux familles, bien plus de différences que d'analogies.

Dans l'étude des *Rhizocarpées*, qui suit celle des Lycopodiacées, c'est le genre *Sphenophyllum* qui est l'objet des recherches les plus patientes et les plus approfondies de l'auteur. Les représentants actuels de cette classe de plantes, répartis en quatre genres (Pilularia, Marsilia, Salvinia, Azolla), n'ont et n'ont eu jamais un rôle considérable : herbes aquatiques et flottantes, de faible dimension, elles n'ont laissé dans les différents terrains que des traces bien fugitives. Toutefois, s'il était prouvé que certains genres, douteux et fort discutés parmi les botanistes, tels notamment que le Sphenophyllum, se rattachent certainement aux Rhizocarpées, cette petite classe acquerrait une importance beaucoup plus grande, remontant par eux jusqu'aux âges des origines de la végétation sur le globe. — M. Renault discute longuement et avec une rare

précision les caractères nombreux qu'on a constatés dans les plantes de ce genre : il écarte en passant l'opinion de ceux qui ont fait des Sphenophyllum, les uns des Palmiers (Schlotheim), d'autres des conifères voisins des Ginkgos (Lindley et Halton), ceux-ci des Phyllocladus (Karl Muller), ceux-là un genre à part qu'on ne saurait classer plutôt dans les Cryptogames que dans les Phanérogames gymnospermes (Coemans et Kickx, Brongniart). Schimper, se plaçant à un point de vue opposé, soutient que la structure générale de la tige de ces végétaux les rapproche des Équisétinées, et celle de leurs épis fructifères des Lycopodiacées, et qu'ils n'ont donc aucun rapport direct avec les Gymnospermes, les grains observés dans les capsules des Sphenophyllum étant évidemment des sporules.

Quelquefois absolument aquatiques et d'autres fois plantes de marais, ces végétaux croissaient en touffes épaisses, en manière de buissons, à la façon de ceux que forment les joncs de nos marais, et pouvaient, suivant le milieu et les conditions dans lesquelles ils se développaient, être tantôt flottants, dit M. Grand'Eury, et tantôt aériens. Le savant professeur du Muséum d'histoire naturelle passe ensuite à la description d'une douzaine d'espèces de Sphenophyllum, puis consacre un chapitre entier à une étude approfondie de la tige, des feuilles, de l'écorce, des racines, enfin des fructifications de ce curieux genre. Les conclusions qui en ressortent sont qu'on ne peut lui accorder aucune parenté avec les Astérophylles et les Calamites, et qu'ainsi l'on ne saurait le rattacher aux Équisétacées ; qu'il ne se rapproche pas non plus, autrement que d'une manière très superficielle, des Sélaginelles et des Isoètes (plantes hétérosporées) et qu'on ne peut pas davantage, conséquemment, le ranger parmi les Lycopodiacées proprement dites ou Lépidodendrées. Au contraire, il présente avec un humble groupe de Rhizocarpées vivantes, les *Salviniées*, un grand nombre d'analogies : même ramification verticillée, même feuillaison, même anatomie de la tige, au moins dans les parties principales, même séparation, dans les deux groupes, des macrosporanges et des microsporanges. En sorte que si, par hypothèse, un Salvinia éprouvait, dans sa structure, les modifications nécessaires pour le faire passer de l'état chétif et précaire où il se trouve maintenant, à l'état de plante frutescente et aérienne, on obtiendrait un végétal qui aurait grande ressemblance avec un Sphenophyllum. On est donc conduit à placer ce genre dans la même famille que les Salviniées, autrement dit dans les Rhizocarpées.

Nous arrivons à l'intéressante classe des Équisétacées, ces plantes, dont quelques-unes gigantesques ont joué un rôle si important dans

les flores carbonifère et houillère. Contrairement aux Lycopodiacées qui n'offrent que dans leurs représentants vivants la division en plantes à une seule sorte et plantes à deux sortes de spores, les Équisétacées n'ont montré jusqu'ici cette disposition hétérosporée que dans quelques espèces fossiles. Cela n'en a pas moins suffi à les faire ranger en deux sous-classes : Équisétacées hétérosporées *(Astérophyllées*, ou mieux *Astérophyllitées)* comprenant les Astérophylles ou Astérophyllites et les Annularias ; — Équisétacées isosporées *(Calamariées)* comprenant les Schizoneura ou Phyllotheca, les Equisetum (prêles) et les Calamites, espèces de roseaux.

Les Astérophyllites et les Annulariées, qui n'ont pas dépassé l'étage permien, remontent jusqu'au dévonien. Parmi les Équisétacées isosporés ou Calamariées, une seule famille s'arrête au même niveau que les hétérosporées, remontant d'ailleurs un peu moins haut, au calcaire carbonifère ; c'est celle des Calamites. Les deux autres, Shizoneurées et Équisétinées, apparaissent dans le trias et se poursuivent, dans les couches subséquentes, les premières jusqu'au jurassique seulement, les secondes jusqu'à la période actuelle, où elle se réduit, il est vrai, à de modestes plantes herbacées, nos chétives prêles qui croissent dans les terrains marécageux ou sur le bord des ruisseaux, alors que plusieurs de leurs espèces atteignaient, dans le trias et le lias, des proportions gigantesques qui n'ont jamais été dépassées antérieurement ni depuis. Elles devaient former de vastes forêts couvrant les lagunes, les marécages, les fondrières ; mais, ajoute M. Renault, « sans avoir pu, comme les Lépidodendrées et les Fougères, donner naissance à des couches notables de houille, à cause de la structure cellulaire parenchymateuse et lacuneuse de leur système cortical. »

Sans cesser de mériter l'épithète de modestes et de chétives, quelques prêles des régions tropicales, notamment au Pérou, atteignent jusqu'à quatre et six mètres de hauteur, mais sans dépasser en grosseur six à dix centimètres de circonférence. D'où cette conclusion, commune du reste à bien d'autres plantes, que les énormes dimensions auxquelles elles parvenaient, aux âges géologiques, sur tous les points du globe, indiquent nécessairement une grande élévation de la température, constante sur toute sa surface.

Cette conclusion, prise au point de vue climatérique, est loin d'être la seule que l'auteur ait su tirer de ses patientes et minutieuses investigations. Comme à la suite de ses leçons de première année, il range ses conclusions en trois ordres, suivant qu'il envisage les résultats auxquels ses recherches l'ont conduit sous le rapport stratigraphique, ou

climatérique, ou sous celui de la constitution de certains organes pouvant servir à la classification. Dans ce dernier ordre de considérations, le savant professeur revient sur l'impossibilité, suivant lui, d'admettre que les Lépidodendrons, *cryptogames* dans leur jeunesse, deviennent en vieillissant *phanérogames* et se transforment en Sigillaires. Les deux embranchements ont bien pu voir leur limites se rapprocher lorsqu'a été mise en évidence l'existence de bois centripète dans les cordons foliaires des Cycadées; mais ces limites ne sont pas pour cela effacées et demeurent aussi distinctes que précédemment.

III. — Troisième année. — *Les Fougères.* — Parmi les plantes recherchées pour la forme et les dispositions ornementales de leur feuillage, il en est peu qui soient plus populaires, parmi les amateurs de verdure, que la vaste classe des Fougères. Si nombreux en sont les genres et les espèces, si variées les formes et les aspects, qu'on pourrait avec elles seules former des jardins paysagers non dénués, certes, de charme et d'agrément. Dans nos climats, les heureux possesseurs de grands parcs que complètent des serres spacieuses et élevées peuvent marier à l'opulent feuillage des bananiers, des divers palmiers et de tant d'autres plantes tropicales, les grâces sveltes des fougères arborescentes et les délicates découpures des fougères herbacées aux variétés innombrables. Mais c'est peu de chose que les représentants actuels de cette classe immense de végétaux, en regard des incomparables richesses qu'elle déploya durant les premiers âges de la formation des assises du globe qui nous porte. Les genres et les espèces se sont trouvés assez supérieurs en nombre à ceux des autres classes, pour que la stratigraphie ait pu la faire servir à caractériser certaines couches, avec autant de précision que l'examen des fossiles du règne animal. D'autre part, de toutes les catégories végétales dont l'origine remonte jusqu'aux formations les plus anciennes, celle-ci est assurément aujourd'hui la plus abondamment représentée. Parmi les vingt-cinq ou trente familles fossiles que l'on en a pu reconnaître et étudier jusqu'ici, il en est sept ou huit qui ne sont que la continuation d'ancêtres ou prédécesseurs géologiques remontant, les uns au jurassique inférieur comme les Osmondacées et les Gleichéniacées, d'autres jusqu'au trias comme les Polypodiacées et les Marattiacées, d'autres enfin jusqu'aux terrains houiller et carbonifère, comme les Hyménophyllacées, les Schizœacées et les Cyathéacées. Pour faciliter l'étude des fougères des âges anciens, l'habile professeur a eu la très heureuse inspiration de donner d'abord un aperçu général de celle

des Fougères vivantes. Sous le titre de *Notions préliminaires*, son deuxième chapitre est un traité complet de la physiologie de ces végétaux, traité si méthodique que le lecteur le plus étranger à la structure et à l'organisme des végétaux cryptogamiques, pourrait, par la seule lecture attentive de ce chapitre, appuyée par quelques-unes des excellentes planches gravées placées à la fin du volume, acquérir les connaissances suffisantes pour s'assimiler fructueusement la suite de l'ouvrage. La description rapide et générale des espèces vivantes (Polypodiacées, Cyathéacées, Osmondacées, Gleichéniacées, Schizœacées, Parkériées, Hyménophyllacées, Marattiacées) occupe la plus grande partie du troisième chapitre : elle y est suivie de la description également sommaire de quelques espèces fossiles telles que Cyclopteris, Nevropteris, Pecopteris, etc., qui, d'après leurs organes de fructification, se rattachent à ces familles vivantes. Le chapitre IV reprend lesdites familles dans leur ordre, pour décrire chacun des genres fossiles qui en font partie, tandis que sont dévolus au chapitre VII les genres qui s'éloignent davantage des genres vivants sans cesser toutefois de présenter, de temps à autre, des analogies sérieuses avec eux. Les Fougères propres aux terrains houiller, carbonifère et permien, parmi lesquels se rencontrent le plus grand nombre d'espèces arborescentes, occupent les chapitres suivants jusqu'au XVe inclusivement. Les Fougères en arbre y font même l'objet d'une classification (chapitre XI) fondée sur la structure interne des tiges. Plus loin nous retrouvons, étudiés avec tous les détails que comporte la connaissance des fossiles découverts jusqu'ici, des genres houillers et dévoniens correspondant à des genres qui dépendent de familles encore aujourd'hui existantes : Alethopteris, Lonchopteris, Nevropteris, Odontopteris, Dictyopteris, Cyclopteris, Sphenopteris, etc.

Plus d'une conclusion est à tirer des faits patiemment analysés, groupés et mis en lumière dans les quinze chapitres de ce troisième volume. Nous signalerons principalement celle des conditions extrêmes de chaleur et d'humidité des âges géologiques durant lesquels les Fougères, soit comme nombre d'espèces, soit comme développement individuel, ont occupé davantage une place prépondérante. En effet, si nous observons l'état actuel de la végétation sur notre globe, nous voyons que les Fougères se rencontrent sous des espèces d'autant plus nombreuses et des formes d'autant plus développées que le climat des pays où elles croissent est plus chaud et plus humide en même temps qu'uniforme. D'où cette conséquence nécessaire que dans toutes les formations houillères si gigantesquement fécondes en fougères de toute

espèce, notamment en fougères en arbres d'une élévation extrême, le sol devait être marécageux, formé d'îles innombrables, de lagunes, traversé de cours d'eau sans nombre, fécondé par une température toujours égale, et bien supérieure à celle de nos régions intertropicales d'aujourd'hui. Et comme c'est sur tous les points de ces formations explorés jusqu'ici, quelle que soit leur latitude, que les faits offrent ce témoignage, il faut bien en conclure que l'état climatérique du globe était le même sur toute sa surface. Pour résulter déjà de l'étude des autres végétaux fossiles, cette conclusion n'acquiert que plus de force provenant, cette fois, de la classe la plus nombreuse.

Nous n'avons pas encore parlé de la « Préface » placée en tête du volume donnant le cours de la troisième année. Cette préface, en effet, est plutôt un complément des deux volumes précédents qu'une partie intégrante de celui-ci. Vivement attaqué par deux savants d'outre-Manche, MM. Williamson et Hartog, à propos de sa théorie de la gymnospermie des Sigillaires et de ses conclusions tendant à maintenir la séparation entre ces végétaux et les Lépidodendrées, M. Renault se défend et riposte à l'attaque. C'est son droit ; c'est même son devoir. Nous ne saurions, à la fin de cette étude déjà longue, le suivre dans sa réplique, moins encore y prendre parti. Nous tenons seulement à relever un détail qui est loin, selon nous, d'être sans importance.

Dans la citation que fait loyalement l'auteur des griefs articulés par ses adversaires, on relève ce passage :

« Nous croyons urgent de les combattre (les théories de M. Renault), et nous nous permettons de le faire afin d'appeler plus particulièrement l'attention de nos confrères du continent sur les *dangers* de ces théories. »

Les dangers de ces théories ! Voilà un mot qui prête à songer. En matière de science d'observation pure ; dans un travail où l'auteur ne cite, avec les faits mis au jour par lui, que les conclusions les plus immédiates et les plus techniques, quelle espèce de dangers peuvent bien présenter les théories qu'il formule en de telles conditions ? Si des savants d'école différente trouvent mal fondées les conclusions de leur adversaire, c'est à eux de démontrer, s'ils le peuvent, que cet adversaire a mal ou incomplètement observé les faits, et que les théories qu'il édifie sur eux sont mal étayées, partant caduques. Mais le danger, où est-il ? — En matière de philosophie ou de métaphysique, on comprend très bien que l'on puisse signaler le danger de telle proposition *à priori*, dont le développement logique pourrait amener des conséquences

contraires à la vérité. Mais en matière de botanique et de physiologie végétale?

Les faits sont les faits. Toute science d'observation, digne du nom de science et véritablement progressive, ne doit pas se borner au rôle stérile d'un simple livre d'enregistrement. Elle doit, comme l'a fait notre auteur, chercher à tirer des faits mis en lumière les conséquences qui semblent en découler immédiatement. C'est ainsi que s'établissent les théories à l'aide desquelles la science marche en avant : si la reconnaissance de faits nouveaux porte quelque atteinte à la théorie édifiée sur des faits précédemment connus, on modifie en conséquence la théorie, et la science continue à avancer.

Comment donc voir là un *danger ?*

Ne serait-ce pas que les faits constatés par M. Renault contrarieraient quelque autre théorie chère à ses contradicteurs? Le *danger* serait donc de voir cette autre théorie ébranlée sur ce point. Mais ce prétendu danger n'en serait un, en réalité, que pour certaines hypothèses non encore suffisamment assises ; il n'en serait pas un pour la science proprement dite. Au contraire.

Quand donc toute idée préconçue, toute vue *à priori*, toute tendance métaphysique, de quelque côté qu'elles viennent, seront-elles à jamais bannies des sciences d'observation pure?

Un mot avant de finir, pour signaler les belles planches lithographiées qui accompagnent chaque volume. Ces planches, d'un dessin très fin et très soigné, donnent des fragments anatomiques des sujets décrits avec les grossissements suffisants pour que les détails les plus microscopiques puissent être aisément perçus par l'œil. Chacune d'elles est précédée d'un feuillet de texte donnant, par numéros et lettres de figures, la description minutieuse de chacun des organes, groupes ou portions d'organes représentés par la gravure.

Si cette belle publication se poursuit assez longtemps, et avec le même succès, pour arriver à comprendre la flore fossile tout entière, ce sera — il n'y a nulle exagération à le dire — un magnifique monument élevé à la science de la paléontologie végétale.

C. DE K.

IV

Sprachvergleichung und Urgeschichte. — Linguistisch-historische Beiträge zur Erforschung des indo-germanischen Altertums, von Dr O. Schrader. — Iena, Hermann Costenoble, 1883, pp. x-490 gr. in-8°.

Philologie comparée et histoire primitive, voilà deux mots qu'on ne s'étonne plus aujourd'hui de rencontrer ensemble. Du reste, deux siècles avant Pictet, le fondateur de la paléontologie linguistique, Leibniz, avait écrit que la comparaison des langues est le brillant flambeau qui doit éclairer les origines des peuples, *nihil majorem ad antiquas populorum origines indagandas lucem præbere quam collationem linguarum*. Cette parole devait recevoir à notre époque sa plus éclatante confirmation. La science du langage avait à peine proclamé, dans la *Grammaire comparée* de Bopp, l'unité originelle des langues européennes et des idiomes de la Perse et de l'Inde, que l'histoire et l'ethnographie s'emparaient de cette donnée pour conclure à l'existence d'une race aryenne, rechercher son berceau et tracer ses migrations. C'est au nom d'Adolphe Pictet que se rattache le premier essai de reconstitution complète de l'histoire primitive des Aryas.

Mais depuis vingt ans, la science des origines a marché ; de jeunes et vaillants auxiliaires, nous voulons dire l'archéologie préhistorique et l'anthropologie ethnographique, sont venus lui apporter un appoint considérable. Devant des faits nouveaux, les anciens résultats de la philologie comparée ont beaucoup perdu de la faveur que leur avait donnée un premier engouement peut-être irréfléchi. Voilà pourquoi, même après les travaux des grands philologues Pictet, Max Müller, Spiegel, Benfey, Schleicher, Whitney, Curtius, Fick et bien d'autres, il y a lieu de reprendre à nouveau cette grande question des origines aryennes à la lumière des récentes découvertes, et surtout avec une critique plus sévère et un examen plus approfondi des détails.

Telle est la raison d'être de l'ouvrage du Dr Schrader, tels sont aussi les principes qui ont guidé ses recherches et ses conclusions. « En présence des incertitudes de la science, dit l'auteur, nous n'avons pas cru faire chose inutile en soumettant à un nouvel examen la question de l'importance de la philologie comparée pour l'histoire des origines et des premières civilisations. »

Le livre que nous analysons comprend quatre dissertations : l'histoire

de la paléontologie linguistique, la méthode et la critique de la philologie historique, la métallurgie chez les Aryas primitifs, leur état social au temps de l'unité. Si l'on excepte le grand ouvrage de Pictet, la littérature des origines indo-européennes consiste surtout en brochures éparses, en articles dispersés dans toutes les revues. C'était rendre un vrai service que de grouper ces différents travaux, de les résumer et d'en réunir en faisceau les principales conclusions. Après avoir jeté un coup d'œil sur l'histoire générale de la linguistique (pp. 3-22), le Dr Schrader rappelle successivement les essais tentés pour reconstituer, à l'aide de la philologie comparative, la civilisation des Aryas (pp. 22-67) ; les théories sur les migrations des peuples indo-européens (pp. 67-117) et enfin les recherches sur leur berceau (pp. 117-150). C'est un exposé complet des immenses travaux linguistiques entrepris en notre siècle : il témoigne d'une connaissance approfondie des sources et de lectures étendues. Une omission nous paraît cependant devoir être relevée, celle de l'ouvrage en deux volumes du Dr Joseph Kuhl, recteur du progymnase de Juliers. *Die Anfänge des Menschengeschlechts und sein einheitlicher Ursprung* (Bonn, 1875). Les deux premiers chapitres de ce livre rentrent de tout point dans le cadre des études signalées par le Dr Schrader.

Après cet aperçu historique, nous pénétrons plus intimement dans le sujet. La philologie comparée peut devenir aux mains d'un habile chercheur l'instrument des plus précieuses découvertes, mais à la condition d'être adroitement maniée. C'est une arme à deux tranchants qui se retourne contre l'artisan malavisé; c'est une lumière trompeuse qui, mal dirigée, mène aux aberrations de la fantaisie. Il est donc souverainement important de tracer les règles précises et de fixer la vraie méthode de la critique philologique, surtout au point de vue des déductions à en tirer pour l'histoire primordiale. Pour arriver à ce but si désirable, l'auteur, dans un premier chapitre, établit la parenté originelle des langues et des peuples indo-européens (pp. 153-162), et rappelle comment ce premier fait permet de conclure à une langue aryaque primitive (pp. 163-167). Deux autres chapitres traitent des pertes subies dans le vocabulaire originel par les différents idiomes, et de la formation des groupes ethniques par le fractionnement de la langue mère en dialectes (pp. 168-188). La structure des mots, leur signification et les emprunts faits par les idiomes aryens à d'autres langues, font l'objet des deux chapitres suivants (pp. 188-207). Enfin l'auteur résume les conclusions générales de cette seconde dissertation (pp. 207-210). Arrêtons-nous un instant sur ce dernier point : aussi

bien nous retrouverons ici nettement formulées en principes les théories linguistiques du Dr Schrader.

Une première conclusion domine toutes les autres : la philologie comparée, laissée à ses propres ressources, ne saurait nous éclairer d'une manière complète et satisfaisante sur la civilisation des Aryas primitifs. Et la raison en est d'abord dans les immenses lacunes du vocabulaire aryaque, tel que la linguistique l'a reconstitué. De quel droit pense-t-on retrouver dans ce lexique tronqué l'image fidèle de la civilisation du peuple qui s'en servait? Ensuite, on a déduit de la ressemblance d'un certain nombre de mots dans un groupe de langues une parenté plus intime de ces langues, et cet argument a surtout servi à Pictet de point de départ pour assigner aux différentes branches de la famille aryenne leur place dans leur premier séjour historique. C'est bien à tort : trop souvent ces ressemblances sont dues au hasard ou du moins elles peuvent l'être. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, l'affinité demeurée classique entre les mots *argentum* (latin), *rajâta*, (sanscrit), *erezata* (zend), *artsath* (arménien), ἄργυρος (grec), provient très probablement de l'idée qu'ont eue les différents peuples de se servir d'une même métaphore pour désigner l'argent. Et puis, ne l'oublions pas, il y a de ces affinités entre *toutes* les langues aryennes, tantôt sur un point, tantôt sur un autre. La raison en est simple : elles se sont partagé le patrimoine commun de la langue primitive, et ce qui manque à l'une se retrouve chez l'autre. Voilà comment *Bogu*, le nom de la divinité chez les Slaves, est inconnu de la Grèce et de Rome, tandis qu'il se retrouve dans l'éranien *bagha* et le sanscrit *bhâga;* de même le grec πέλεκυς n'a d'approchant que le sanscrit *paraçu*. Faudra-t-il pour ces faits conclure à un contact préhistorique plus intime entre les Hindous et les Grecs, les Éraniens et les Slaves?

Un troisième motif infirme aux yeux du Dr Schrader la valeur de la philologie comparée comme source historique. La présence de termes désignant certains objets ou certains concepts dans le vocabulaire primitif ne donne pas le droit de conclure à l'existence de ces objets ou de ces conceptions dans l'antique civilisation des Aryas, parce que leur usage peut avoir suivi de centaines ou même de milliers d'années la connaissance qu'on en avait. Puis nous ignorons les lois formatives du langage aux époques préhistoriques. Par suite, nous restons dans le doute pour savoir si une série de mots identiques dans leur thème radical et dans leur suffixe provient d'un prototype unique, ou si l'accord n'est pas le résultat de lois phonétiques communes aux différentes langues. Une troisième hypothèse est même possible pour

les termes qui n'ont d'identiques que la racine : en effet, dans ce cas, il peut avoir existé une forme primitive unique, modifiée ensuite par des lois formatives propres à chaque idiome. Il y a plus encore. Étant donné qu'on ait pu déterminer avec certitude l'existence d'un mot aux époques préhistoriques, il reste à préciser sa signification originelle, et ici plus que jamais apparaît l'impuissance de la science du langage.

Ainsi donc, pour reprendre en quelques mots cette argumentation, cinq raisons principales doivent jeter un doute sérieux sur la valeur de la philologie comme source historique : ce sont les lacunes du vocabulaire aryaque, et l'impossibilité d'établir un ordre d'affinité entre les différents idiomes aryens, une chronologie dans l'emploi des termes, leur relation avec le type primitif et leur signification originelle. Pour justifier davantage sa défiance, l'auteur cite deux faits. En se basant sur les mêmes données, d'illustres philologues tels que Pictet, Schleicher, M. Müller, L. Geiger, Hehn et Benfey, ne s'accordent pas sur le point de savoir si les Aryas, avant leur dispersion, connaissaient ou ne connaissaient pas les métaux. D'autre part, la paléontologie avait révélé chez les Aryas une civilisation relativement avancée ; résultat évidemment contredit par l'archéologie préhistorique, surtout en ce qui concerne les Indo-Germains du Nord.

Est-ce à dire que la philologie comparative ne puisse rendre aucun service à l'historien des temps primitifs ? Non, évidemment ; mais ses résultats n'ont force démonstrative que par le contrôle d'autres sciences. Le Dr Schrader compare volontiers les données de la linguistique au squelette que l'archéologue et l'anthropologiste viendront recouvrir de chair pour y faire circuler le sang et la vie. Ainsi la philologie, en constatant la présence simultanée du sanscrit *dama*, du latin *domus*, du grec δόμος et du slave *domú*, peut nous apprendre que les Aryas avaient le concept d'habitation. Mais quant à nous dire la nature de cette habitation, ce n'est plus son fait. C'est à l'archéologie à rechercher si cet abri est la caverne du troglodyte, la maison sur pilotis des cités lacustres, la tente du pasteur nomade ou la hutte du sauvage.

Nous venons d'exposer, d'après le Dr Schrader, les principes de la critique philologique. Il y a dans ces vues beaucoup de justesse et de modération ; et plus d'une vient corriger ce qui manquait de rigueur à l'argumentation de Pictet, et tracer des règles sûres pour l'interprétation rationnelle des données linguistiques. Quelques réserves nous paraissent cependant opportunes à faire ; comme toute réaction, celle du Dr Schrader pourrait courir le risque de dépasser son but. L'impuissance de la philologie n'est-elle pas un peu exagérée ? Les services réels

qu'elle a rendus n'ont-ils pas été trop laissés dans l'ombre? Les raisons apportées pour déprécier la science du langage ont-elles la force démonstrative que l'auteur croit pouvoir leur attribuer? Sans doute, les lacunes du vocabulaire aryaque empêchent de fixer d'une manière complète l'état de l'antique civilisation aryenne, mais les faits se présentent en nombre assez considérable pour une esquisse sinon achevée, du moins satisfaisante. Quant au second argument, il ne nous paraît pas contestable qu'il existe entre certains idiomes aryens une parenté qu'ils n'ont pas avec d'autres. Le sanscrit et le bactrien se rapprochent plus entre eux que le sanscrit et le latin; le latin et le grec ont plus d'affinités que le grec et le celtique. Ce sont là des faits acquis qu'on ne saurait perpétuellement remettre en question. Pour ce qui est de la signification d'un mot, si toutes les langues s'en servent avec un sens ou identique, ou facilement comparable, ou naturellement dérivé, il serait peu rationnel de douter que cette signification a été celle des temps primitifs.

Les deux faits cités par le Dr Schrader sont susceptibles d'une interprétation différente de la sienne. Quand Benfey, Schleicher et L. Geiger ont dénié aux Aryas l'exploitation des métaux, ils avaient pour le faire leurs idées préconçues, leur système sur le berceau et les migrations des Aryas. Les faits devaient rentrer dans ce cadre préparé d'avance. M. Max Müller, nous ne savons trop pourquoi, a varié plus d'une fois sur cette question : son opinion reste donc douteuse. M. Hehn est un archéologue et un naturaliste de premier mérite, mais on lui reconnaîtra peu d'autorité pour trancher une question de linguistique. On le voit, le désaccord de ces auteurs provient d'une autre cause que du peu de valeur historique de la philologie. Autant faut-il en dire du second fait invoqué par le Dr Schrader. La contradiction flagrante entre l'état de civilisation révélé pour les Aryas par la paléontologie linguistique et celui que nous a restitué l'archéologie préhistorique, découle tout entière de la fausse hypothèse admise par le Dr Schrader, quand il place les Aryas dans l'âge de la pierre. L'auteur retrouve en effet des Aryas dans les habitants des plus anciennes palafittes de la Suisse, rangées ordinairement parmi les monuments de l'époque néolithique. Il est vrai, cette théorie s'arrange assez mal avec les données de la philologie comparée. Mais est-ce une raison péremptoire de suspecter cette dernière? Au contraire, l'idée généralement adoptée aujourd'hui que les Aryas furent les introducteurs du bronze en Europe, cadre parfaitement avec les faits linguistiques, rentre beaucoup mieux dans le synchronisme, et concorde d'une manière trop

remarquable pour être fortuite avec ce que l'archéologie, par les travaux de M. Chantre, nous apprend de l'importation du bronze en Europe.

Cependant le Dr Schrader essaie de mettre d'accord la philologie et l'archéologie préhistorique. Il va prouver d'abord que les Aryas ne connaissaient pas les métaux et ensuite, reprenant toutes les données de la paléontologie linguistique, il démontre que la civilisation primitive des Aryas devait, à peu de chose près, être celle des localités lacustres de la Suisse. Nous tenons à le répéter avant d'entrer dans l'examen de ces deux thèses, les recherches du Dr Schrader témoignent d'une profonde érudition, et il en présente le développement d'une manière si ingénieuse, avec de si grands charmes de diction, qu'il faut se tenir en garde pour ne pas se laisser subjuguer et céder à l'entraînement d'une conviction qui ne serait pas toujours fondée en raison.

La troisième dissertation, qui traite de la métallurgie chez les peuples indo-européens, se divise en dix chapitres. Après une courte introduction (pp. 213-219) et un résumé des recherches sur les noms du métal en général (pp. 220-222) ainsi que des légendes sur l'origine de la métallurgie (pp. 223-228), l'auteur s'occupe successivement de l'or (pp. 239-255), de l'argent (pp. 256-265), du cuivre (pp. 266-284), du fer (pp. 285-296), du bronze (pp. 297-299), de l'étain et du plomb (pp. 300-308). Il termine par un aperçu sur les anciens noms des armes chez les Aryas (pp. 309-332).

Pour ce qui concerne l'or, il était connu, dit le Dr Schrader, aux époques primitives dans toute l'Asie antérieure et dans la branche indo-éranienne des Aryas. De l'Asie antérieure, l'or fut exporté d'une part vers la Grèce, sur les vaisseaux des Phéniciens, de l'autre, par les Éraniens chez les Finnois orientaux. L'Italie doit avoir été un centre actif de la diffusion de l'or en Europe ; car le mot latin *aurum*, dont toutefois l'étymologie nous échappe, a passé aux Celtes, aux Albanais, aux Lithuaniens, et plus tard même aux Scandinaves. Les Slavo-Germains ont pour l'or une dénomination commune qui paraît empruntée aux idiomes altaïques. En somme, la trop grande diversité des termes employés pour désigner l'or ne permet pas de conclure à son exploitation par les Aryas.

Autant faut-il en dire de l'argent, que les Aryas ont probablement appris à connaître à leur passage par le Caucase. En effet, l'arménien semble donner la clef de la plupart des noms européens : *artsath* (arménien) est identique à ἄργ-υρος, ἄργετος, *argentum* (latin) *aragetud* (osque), *argat* (ancien irlandais), *arhanz* (dialecte de Cor-

nonailles). *argyant* (albanais). M. Schrader considère la ressemblance du zend *erezata* et du sanscrit *rajâta* avec les autres mots indo-européens cités comme tout à fait fortuite. Quant aux langues du Nord, c'est le nom de la ville pontique d'Ἀλύβη, Σαλύβη, célèbre par ses mines d'argent, qui leur a fourni le gothique *silubr*, le slave *sirebro* et le lithuanien *sirablan*.

Pour les autres métaux, la question est moins claire : le Dr Schrader, qui doit, pour le besoin de sa thèse, arriver à conclure que les Aryas ne les connaissaient pas, hésite à plus d'un endroit. Nous ne pouvons, dans ce compte rendu rapide, insister davantage sur les considérations développées par l'auteur au sujet de l'exploitation du bronze par les Aryas. Mais, si l'on considère l'ensemble des faits admis comme certains par le Dr Schrader, il en résulte une forte induction pour attribuer aux Aryas l'usage de l'airain. Sans doute, la signification primitive des mots qui dans la suite des âges ont désigné le fer, le cuivre et l'airain ne se dégage pas toujours avec netteté : toutefois il demeure acquis que le sanscrit, le zend, le latin, le gothique et le celtique possèdent des termes communs : *ayas*, *ayanh*, *aes*, *aiz*, *ais-arn*. En face de ce groupe, il y a le grec χαλκός ou χαλχός, le lithuanien *gelezis*, le borussien *gelso* et le paléo-slave *zelezo*. Il nous paraît difficile de rencontrer une série plus complète d'expressions identiques. Dès lors, à moins de renoncer à toute démonstration philologique, il faut bien conclure à l'emploi préhistorique de ces expressions et, par suite, admettre pour les Aryas la connaissance et l'exploitation de l'airain ou du cuivre.

Nous abordons enfin la dernière partie du livre du Dr Schrader. Divisée en dix chapitres, elle a pour but de reconstituer le tableau de l'antique civilisation aryenne aux époques préhistoriques, et cela au triple point de vue matériel, social et intellectuel. Toute cette dissertation a pour but d'établir l'identité de la civilisation aryenne et de celle des plus anciennes palafittes de la Suisse, appartenant à l'âge de la pierre. Cette thèse doit à son tour en appuyer une autre. M. Schrader ne croit pas à l'origine asiatique des Aryas : il tient pour plus probable l'opinion qui place en Europe, au sud de la Russie orientale, le premier séjour des Aryas. On comprend que leur présence en Europe étant démontrée dès les époques préhistoriques, leur migration d'Asie est rendue moins vraisemblable. Disons sans plus tarder que nous ne saurions adhérer à la théorie des Aryas européens. Le Dr Schrader soutient sa thèse avec beaucoup d'érudition : ses arguments ne nous ont pas convaincu. En particulier, ceux qu'il déduit de la prétendue

identité entre la civilisation aryenne et celle des cités lacustres sont peu fondés. Bornons-nous à le démontrer pour deux ou trois points.

L'auteur établit que les Aryas primitifs n'avaient domestiqué que quatre animaux, le bœuf, la chèvre, le mouton et le chien. Il nie formellement que le porc et le cheval fussent déjà soumis et, d'après lui, rien ne révèle la présence des volatiles de basse-cour. Or les mêmes faits ont été constatés pour les cités lacustres. Ces conclusions sont bien systématiques et bien absolues. Que prouvent les fouilles archéologiques ? L'argument *a silentio* que le Dr Schrader rejette en philologie aurait-il donc toute valeur en archéologie ? Les terramares du Pô, qui sont bien postérieurs aux habitations sur pilotis, n'ont guère accusé non plus la présence du mouton. D'autre part, le cheval, que M. Schrader affirme n'avoir pas été domestiqué par les premiers Aryas, a été retrouvé dans le gisement lacustre de Viville. On le voit, quand on descend au détail, la classification si régulière du Dr Schrader semble au moins arbitraire pour ne pas dire davantage. Nous ne saurions admettre non plus que les anciens Aryas n'avaient pas dompté le cheval et asservi le porc. Les noms de ces deux animaux sont trop semblables dans un grand nombre de langues indo-européennes. Quant aux oiseaux de basse-cour, l'oie était certainement connue; son nom constitue un des exemples classiques de la parenté des langues aryennes.

M. Schrader maintient toutes ses conclusions après l'examen de la flore et de l'agriculture des Aryas primitifs. « Il en ressort à l'évidence, dit-il, que l'ensemble des plantes cultivées, révélé par la philologie historique, se retrouve tout entier dans les plus anciennes palafittes de l'âge de pierre. » Voici quelques détails. Le seigle et l'avoine manquent, le chanvre est inconnu, mais le lin est partout cultivé. On y connaît le pois; pas de traces de raves. Ce dernier point a son importance, il prouve pour M. Schrader que les populations des palafittes ne sont pas de race finnoise ; car ce peuple fait une grande consommation de raves.

Consultons maintenant les annales des vieux Aryas. Et d'abord pour le lin, l'accord manque complètement pour les différents termes qui le désignent. Partant pas d'argument pour conclure à son existence chez les Aryas. Au contraire, le chanvre, inconnu aux habitants des cités lacustres, paraît, d'après les déductions linguistiques, avoir été cultivé au temps de l'unité aryenne. Tous les mots connus se rapprochent du grec κάνναβις; citons seulement le slave *konop*, l'anglo-saxon *haenep*, l'irlandais *canib*, le persan *kanab*, l'arménien *kanep*,

le sanscrit *kanapa*. Quant à la rave, son absence dans les potagers des palafittes est peu concluante pour l'origine aryenne de leurs habitants. M. Alphonse de Candolle a démontré à l'évidence que *Brassica rapa* et *napus* ont été répandus très anciennement dans toute l'Europe, surtout par les Germains et les Celtes. De plus, toutes les langues européennes ont pour la rave un nom commun, et cet accord semble insinuer une origine aryenne; car il serait peu explicable par une transmission de peuple à peuple pour un végétal si répandu et spontané dans l'Europe du Nord.

Nous pourrions multiplier ces observations et faire des réserves sur la plupart des assertions du Dr Schrader ; mais il faut nous borner. Encore un mot sur la thèse fondamentale de l'auteur, l'origine européenne des Aryas. Après avoir essayé de démontrer l'identité des conditions sociales et de vie matérielle des Aryas et des habitants des palafittes, il conclut en ces termes : « Ces faits, si certains et si bien fondés qu'ils soient, ne nous semblent pas décisifs pour trancher définitivement la question de savoir si le berceau des Indo-Germains doit être placé en Asie ou en Europe. Cependant l'hypothèse européenne, c'est-à-dire celle qui prétend retrouver les origines des Aryas plutôt à l'ouest qu'à l'est, cadre incontestablement mieux avec les faits. »

Il résume les huit arguments qui appuient cette conclusion.

1. On s'est prévalu à tort, dit l'auteur, des caractères plus prononcés d'archaïsme du sanscrit et du zend pour en conclure que les Indiens et les Éraniens sont restés plus près du centre de la primitive unité. Le Dr Schrader se donne beau jeu contre cette prétendue antiquité du bactrien et du sanscrit par rapport aux autres idiomes indo-européens. Et de vrai, cet argument que Höfer a eu le tort de produire n'a aucune valeur. Mais il est étrange que les partisans de l'origine européenne des Aryas se contentent de réfuter ce seul argument, comme si la thèse de la provenance asiatique des Aryas reposait sur cette unique preuve. Nous le répétons, les philologues sérieux récusent cette preuve : elle peut séduire tout au plus ceux qui s'imaginent encore que le sanscrit est la mère de toutes les langues aryennes.

2. Le Dr Schrader s'en prend ensuite aux données de la paléontologie linguistique, et les déclare sans valeur dans la question d'origine. Nous avons déjà vu ce qu'il faut croire de cette assertion évidemment exagérée; car, par une de ces contradictions auxquelles n'échappent pas les meilleurs esprits, l'auteur fait ample usage de la paléontologie linguistique pour la démonstration de sa propre thèse.

3. Le vocabulaire primitif semble nous reporter à des régions

septentrionales ou du moins plus rigoureuses que le centre de l'Asie; témoins les mots nombreux qui désignent le froid, la neige et la glace. Il n'y a pas de difficulté à expliquer cette riche nomenclature. Le domaine des Aryas en Asie était assez vaste, assez accidenté pour leur révéler les conditions climatériques les plus variées, depuis les chaudes régions de l'Afghanistan jusqu'aux plaines tempérées de la Bactriane et aux froides vallées de la Sogdiane.

4. Le Dr Schrader trouve un argument dans la division de l'année en deux ou trois saisons. D'abord la restriction faite ici n'est pas exacte. On a la preuve manifeste de l'existence de *trois* saisons, le printemps, l'été et l'hiver. Or cette division s'applique de tout point à un climat tempéré. Les peuples du Nord ne connaissent que deux périodes, l'été et l'hiver, tandis que plus au sud on a senti la nécessité d'une division quadruple. Les Hindous ont jusqu'à six saisons très nettement distinctes.

5. Voici une preuve anthropologique. Aux yeux du Dr Schrader, le type caractéristique de l'Arya est conservé avec plus d'exactitude par les races européennes du Nord. Cette théorie n'est pas nouvelle. Elle fait le fond du système de M. Poesche, que nous avons réfuté dans un précédent travail (1). Nous nous bornerons donc à quelques réflexions. D'abord quel est le vrai et seul type aryen? On sait que la famille aryenne, une au point de vue linguistique, est double au point de vue anthropologique. Il y a les Aryas bruns, généralement brachycéphales, et les blonds, le plus souvent dolichocéphales. M. Poesche et après lui M. Schrader prétendent, renouvelant l'hypothèse du comte de Gobineau, que seuls les Ayras blonds sont vrais Aryens et que, par suite, les Germains et les Slaves sont les représentants typiques de la race. Il faut donc chercher la patrie des Aryas entre la mer Baltique et la mer Noire, puisque de fait cette région a été le centre du développement de ces deux grands peuples; et le point précis d'où les Aryas se répandirent sur le monde doit être cherché vers les sources du Dniéper.

Cet argument suppose tranchée la question toujours pendante et probablement insoluble du type anthropologique primitif des Aryas; il affirme aussi sans preuve aucune que les Germains et les Slaves l'ont gardé dans son intégrité. Il est vrai que, dans un ouvrage récent dont nous rendrons compte à nos lecteurs (2), un professeur d'un gymnase

(1) *Le Berceau des Ayras*, p. 70.

(2) *Origines ariacæ, linguistisch-ethnologische Untersuchungen zur ältesten Gezchichten der arischen Völker und Sprachen.*

de Vienne, M. Penka, revendique ce privilège pour les Scandinaves et par suite retrouve en Scandinavie le berceau des Aryas. Il nous paraît que bâtir un système sur des données si hypothétiques est chose bien hasardée, et qu'en vérité on demande trop à la foi du lecteur.

6. Après l'argument anthropologique vient ce que nous pourrions appeler une preuve géographique. On peut conjecturer, dit M. Schrader, que les Aryas étaient répandus sur un espace considérable. Cette conjecture est appuyée par des considérations linguistiques et par les exigences de la vie pastorale. On ne constate entre les différentes langues aryennes que des divergences dialectales : les idiomes aryens ne sont en toute réalité que des dialectes d'une même langue mère. Ce fait se concilie parfaitement, d'après le Dr Schrader, avec une extension géographique considérable. Ne voyons-nous pas encore aujourd'hui les peuples turco-tartares, répandus sur un quart d'hémisphère, n'offrir dans leur langage que des variétés dialectales, au point qu'un Turc de Constantinople est mieux compris du Yakoute des bords de la Léna que le Suisse de l'Italien ?

En admettant ce raisonnement, qui pourtant n'est que spécieux, on ne voit pas que l'origine européenne des Aryas en ressorte par voie de conclusion légitime. Il nous semble qu'une langue répandue sur un grand territoire court en général plus de risque d'altération. L'exemple des Turco-Tartares est un cas fortuit qu'on n'a pas le droit d'ériger en règle générale.

Mais passons à la preuve tirée des exigences de la vie nomade. Si haut que nous font remonter les documents, les Aryas nous apparaissent comme un peuple pasteur et, qui ne le sait ? les conditions de la vie pastorale exigent d'immenses pâturages pour les innombrables troupeaux destinés à nourrir les tribus nomades. D'après un calcul de M. Meitzen, dans une conférence faite en 1882 au 2e Congrès des géographes allemands à Halle, une famille nomade de la haute Asie a besoin pour son entretien de 300 têtes de bétail et, dans l'Asie centrale, le Turkestan et le sud de la Sibérie, un pareil troupeau a besoin d'un pâturage qui ait en étendue le sixième d'une lieue carrée. Une tribu forte de 10 000 hommes exigera donc à elle seule un espace de 200 à 300 lieues carrées. Conclusion implicite, la Bactriane, que les anciennes théories assignent comme premier berceau aux Aryas, est beaucoup trop resserrée pour les contenir. Seconde conclusion, les régions orientales de l'Europe satisfont mieux à cette condition.

La réponse est aisée. Les exigences de la vie pastorale peuvent être remplies autrement que par l'occupation simultanée d'un grand terri-

toire. Un déplacement continuel, des migrations satisfont également au besoin de pâturages nouveaux. Il n'est donc pas nécessaire de supposer dès l'origine une extension géographique si considérable. D'ailleurs, celle que l'ancienne théorie trace sur la carte d'Asie n'est pas si restreinte qu'on semble le supposer. Elle est au minimum évaluable à 25 000 lieues carrées. D'après le calcul de M. Meitzen, 125 tribus de 10 000 hommes peuvent y trouver la subsistance. Sans doute 1 250 000 hommes, c'est bien peu de chose pour toute la race aryenne; mais n'oublions pas qu'il s'agit des temps tout à fait primitifs, et que dans notre système les premières migrations des Aryas eurent lieu assez tôt, amenées qu'elles étaient par le développement graduel de la population. Ajoutons que les chiffres de M. Meitzen nous semblent singulièrement forcés. Voici une appréciation plus vraisemblable. Le lieutenant Wood donne une moyenne de 2000 têtes de bétail pour une tribu de cent familles. On arrive ainsi à placer 45 000 000 de têtes de bétail sur les 25 000 lieues carrées du domaine aryen. Donc 2 250 000 familles, soit 22 500 tribus de cent familles, y auraient trouvé la subsistance. Les Aryas primitifs ne comprenaient pas vingt-cinq tribus diverses; en donnant 10 000 familles à chaque tribu, ce qui est immense, on n'arrive qu'à 250 000 familles. Même dans l'hypothèse de 100 000 familles par tribu, la Bactriane fournissait encore aux besoins des premiers Aryas.

7. L'identité de la civilisation aryenne et des conditions de vie des habitants des palafittes est une nouvelle induction en faveur de l'origine européenne des Aryas. Nous avons déjà discuté cet argument et montré que cette assimilation est au moins problématique.

8. Il reste un dernier argument, celui des migrations aryennes. Les premiers mouvements des peuples aryens les ont dirigés vers le sud, et en partie vers l'est. Toute la région de l'Asie antérieure a reçu sa population indo-européenne, Phrygiens et Arméniens, de l'Europe. Cette dernière hypothèse ressort des affinités intimes constatées entre l'arménien et nos langues européennes. Au contraire, on ne découvre aucune trace de migration vers l'ouest.

Les mouvements, dont il est ici question, appartiennent à l'histoire. Si nous consultons les documents écrits, Hérodote, Strabon, Ptolémée, la question est toute tranchée. A cette époque, plus de vestige de migrations aryennes d'orient en occident; tous les mouvements de peuples se font en sens inverse. Ce sont les Phrygiens et les Thraces qui passent de Grèce en Asie mineure, les Galates qui vont s'établir sur les rives asiatiques de la Méditerranée; ce sont les Scythes qui reculent leurs tentes jusque dans les steppes de la Sibérie, les Goths de la Baltique qui

redescendent vers le bas Danube. Mais poser ainsi la question, c'est nécessairement s'exposer à la résoudre mal : les migrations historiques ne peuvent rien prouver pour ou contre les origines proethniques.

Sans doute, nous ne possédons aucune preuve positive des migrations d'Asie en Europe ; mais nous avons une forte induction pour placer en Asie la première demeure des Aryas. Tant qu'elle ne sera pas renversée, l'origine européenne des Aryas sera malaisée à établir. Il est certain, la Bible l'enseigne, que le séjour de l'humanité post-diluvienne fut l'Asie. Nous avons naguère essayé de déterminer ici même avec quelque précision les limites de ce domaine (1). « L'Arménie, disions-nous, ne suffit pas longtemps à l'expansion toujours croissante des fils de Noé, et il ne dut pas s'écouler de longs siècles avant qu'ils eussent peuplé tout l'espace compris entre le Taurus et la Caspienne. Or, consultez la nature du sol et l'allure des reliefs terrestres dans cette partie du globe, et vous conviendrez qu'il est naturel de penser que cette expansion a graduellement poussé les Noachides à l'est dans le Mazandéran et le Khorassan... La bénédiction du Seigneur dilata d'abord Japhet, c'est-à-dire que l'accroissement providentiel fit prendre les devants aux Japhétites dans la voie de l'émigration (2). »

Ici se place la question du berceau des Aryas : parler du berceau des Aryas, c'est rechercher où les fils de Japhet s'établirent après le déluge. Pour qui croit à la véracité du récit biblique, c'est la seule manière de poser la question (3). Dès lors, deux solutions sont en

(1) *Revue des questions scientifiques*, avril et juillet 1883.

(2) *Ibid.*, avril 1883, p. 478.

(3) Pourtant une double restriction semble devoir être faite. Puisque l'universalité du déluge n'est pas démontrée, les Aryas ne pouvaient-ils s'être établis en Europe avant le grand cataclysme ? En second lieu, la race aryenne correspond-elle exactement aux peuples que la Bible nomme descendants de Japhet ? La première objection trouve sa solution dans le fait que les Aryas ont conservé dans leurs traditions le souvenir très vif du déluge : on connaît le *vara* construit par Yima, le déluge de Deucalion et d'Ogygès, les Triades des Cymris, l'inondation sanglante qui noie les géants dans l'*Edda* des Scandinaves et, enfin, la légende de Pramzinas chez les Lithuaniens. Si l'Inde paraît avoir reçu la tradition du déluge des Chaldéens, il n'est pas douteux cependant que ce souvenir a fait partie du fonds premier de ses légendes. En outre, « ce cataclysme se produisit près du berceau premier de l'humanité et avant que les familles-souches, d'où devaient descendre les principales races, fussent encore séparées ; car il serait tout à fait contraire à la vraisemblance et aux saines lois de la critique d'admettre

présence : la première dispersion des fils de Noé fit-elle émigrer les Japhétites ou Aryens jusqu'en Europe, qui serait ainsi le premier centre de l'unité aryenne, ou bien les maintint-elle en Asie jusqu'au jour où une nouvelle émigration les transporta sur le continent européen. De ces deux hypothèses la seconde nous paraît la plus plausible. En effet, pourquoi d'un coup cette expansion en Europe? Deux raisons pourraient être données : la nécessité de la vie pastorale, la poussée des autres fils de Noé. Nous avons fait voir déjà que les régions asiatiques suffisaient à remplir la première condition. Quant aux autres descendants de Noé, pendant que le rameau indo-européen se propageait à l'est, ils demeuraient échelonnés dans l'Arménie, le Mazandéran et le long des nombreux affluents du Tigre qui sillonnent les frontières de la Médie. En outre, il y a des infiltrations sensibles du langage des Sémites dans celui des Indo-Européens. Ce fait ne trouve d'autre explication qu'un contact prolongé des deux races et un séjour relativement durable des Aryas en Asie. Ces considérations nous paraissent peu contestables et, en tout cas, infirment singulièrement la thèse de l'origine européenne des Aryas.

La réfutation d'une thèse que nous ne saurions accepter nous a peut-être entraîné trop loin dans les réserves à faire sur l'ouvrage du Dr Schrader. Nous ne prendrons pas congé du lecteur sans lui dire une dernière fois que, pour défendre une idée qui nous paraît moins juste, ce livre n'en constitue pas moins une œuvre de mérite, marquée au coin d'une solide érudition, une mine féconde appelée à rendre de précieux services à l'historien des origines.

J. Van den Gheyn, S. J.

que, sur autant de points différents du globe qu'il faudrait le supposer pour expliquer ces traditions partout répandues, des phénomènes locaux exactement semblables se seraient reproduits, et que leur souvenir aurait pris une forme identique avec des circonstances qui ne doivent pas se présenter à l'esprit en pareil cas. » (Lenormant, *Les Origines de l'histoire*, t. I, p. 490.) Quant à la seconde objection, s'il est vrai que l'auteur inspiré du chapitre x de la Genèse n'a compris dans son énumération ethnographique qu'une faible partie de la race aryenne, il n'en est pas moins vrai que « c'est la race aryenne ou indo-européenne qu'il a voulu représenter comme issue de Yapheth, et si la science actuelle trouve ici à élargir son cadre, elle n'a pas à le modifier. » Le tableau ethnographique embrasse seulement ceux des peuples aryens qui ont pu être connus des Hébreux de son temps, ceux qu'il connaissait lui-même. (Lenormant, *Histoire ancienne de l'Orient*, t. I, p. 301, 9e édit.).

V

ÉTUDE SUR LES COURANTS DE L'ESCAUT ET DE LA DURME, par M. L. PETIT, lieutenant de vaisseau de 1re classe, chef du service hydrographique.

M. Petit, lieutenant de vaisseau et chef du service hydrographique, a publié dans les *Annales des Travaux Publics de Belgique* (1), un mémoire fort intéressant, relatant un grand nombre d'observations sur les courants de marée dans l'Escaut et dans la Durme.

Ces observations ont porté principalement sur la mesure des vitesses, au moyen du moulinet de Baumgarten, pour diverses hauteurs de marée et à différentes profondeurs.

Les opérations ont été effectuées : à Termonde, du 1er au 19 septembre 1876 : à Saint-Amand, du 21 juin au 28 juillet 1876 : à Tamise, en septembre et octobre 1875 et en juin 1876 : à Hemixem, du 22 au 30 septembre 1876 : à Anvers, au mois de mai 1879 : à Sainte-Marie Calloo, du 28 août au 5 septembre 1877 ; enfin à Lillo, du 14 juin au 3 août 1877.

Sur la Durme, les observations ont eu lieu du 9 au 19 octobre 1878, en rade de Thielrode. M. Petit a cherché à déterminer les volumes d'eau qui passent, pendant le flot et pendant le jusant, dans les 8 stations qu'il avait choisies.

La détermination exacte de ces volumes serait une entreprise des plus compliquées. Déjà le jaugeage des grandes rivières, où la marée n'a pas d'action, présente des difficultés très considérables. A plus forte raison, l'opération est-elle laborieuse, lorsque la marée se fait sentir, parce qu'alors la vitesse n'est plus seulement différente en raison de la position des filets liquides que l'on considère dans une section transversale, mais encore parce que la vitesse varie, et très rapidement, avec le temps. Aussi, pour faire un jaugeage exact, faudrait-il placer un grand nombre d'observateurs en divers points d'un profil en travers, et leur faire constater simultanément les vitesses aux mêmes profondeurs et aux différentes phases de la marée.

Le personnel et le matériel dont M. Petit dispose ne lui permettent pas, malheureusement, d'opérer d'une manière complète, et il s'est

(1) T. XL, 3e cahier, pp. 259 et suiv.

contenté, dans chaque station, de prendre des mesures de la vitesse en un seul point de la section transversale, mais à diverses profondeurs et à des intervalles de temps assez rapprochés.

Les renseignements obtenus sont donc insuffisants pour calculer exactement les volumes d'eau qui passent dans les huit localités énumérées plus haut, et les travaux du service hydrographique ne fournissent qu'une mesure très grossière des volumes du flot et du jusant dans l'Escaut et dans la Durme.

M. Petit a cherché à faire ses expériences aux endroits où « le courant agissait en toute liberté, en dehors de l'influence des bancs, et représentait, à peu de chose près, sa vitesse moyenne. »

Le seul procédé pour calculer la vitesse moyenne d'un courant consiste à mesurer exactement le débit, comme il a été dit plus haut, et à diviser ensuite par la section mouillée le résultat obtenu : le quotient donne la grandeur de la vitesse moyenne.

Comme M. Petit n'avait pas à sa disposition les hommes et les choses nécessaires pour procéder ainsi, il a dû se contenter de choisir « *au juger* », si je puis m'exprimer ainsi, l'endroit où il devait opérer, dans l'espoir d'y obtenir des résultats approchant de la vraie valeur de la vitesse moyenne : on comprend combien il est facile de se tromper dans une semblable appréciation, alors que la vitesse est souvent irrégulière et qu'il faut choisir une position dans un fleuve dont la largeur atteint 730 mètres, comme dans la section où M. Petit a opéré, devant Lillo.

Si donc les chiffres obtenus par le chef du service hydrographique permettent de se faire une idée grossière de la grandeur des volumes d'eau que chaque marée fait mouvoir dans l'Escaut, ils sont cependant trop incertains pour ne pas commander une grande réserve à ceux qui seraient tentés d'en tirer des conclusions. Il me paraît notamment permis d'avoir des doutes quant à l'exactitude des quantités obtenues par M. Petit pour la valeur du débit propre ou réel du fleuve pendant une marée, valeur trouvée en faisant la différence entre le volume des eaux qui passent dans une section transversale pendant le jusant, et le volume qui a passé, en sens inverse, pendant le flot.

Car, en supposant même que l'on puisse choisir « au juger » l'endroit propice pour y trouver la vitesse moyenne du flot, il arrivera fréquemment que le même endroit ne sera pas convenable pour trouver la vitesse moyenne du jusant, et ainsi la méthode suivie par M. Petit, de n'observer qu'en un seul point d'un profil en travers, expose double-

ment l'opérateur à trouver des valeurs inexactes pour le débit propre du fleuve.

M. Petit admet implicitement que le débit propre de l'Escaut est une quantité constante dans une même section transversale, mais différente d'une section à l'autre. En effet, il établit des comparaisons entre les valeurs qu'il a trouvées pour le débit dans ses diverses stations, alors que ses observations ont été effectuées à des époques fort éloignées, puisque les opérations ont été faites, les unes pendant l'été de 1876, et les autres en 1877.

Le débit des rivières est loin d'être constant : il diffère non seulement d'après les saisons, mais aussi, pendant chaque saison, il subit les variations résultant de la distribution des pluies. Aussi, ne faut-il pas perdre de vue l'époque des expériences, quand on veut établir un rapport entre le débit propre d'un fleuve à marée et le volume du flot, comme le fait M. Petit, à la page 386 de son mémoire, où il dit que le debit réel est au volume du flot,

A Termonde	comme 1 à 10,5
A Saint-Amand	1 à 8,8
A Tamise	1 à 7,5
A Hemixem	1 à 4,6
A Anvers	1 à 6
A Lillo	1 à 7,1

Il est évident que l'on aurait trouvé des nombres très différents de ceux qui précèdent, si l'on avait considéré les choses le même jour, dans toutes les localités énumérées plus haut. Ainsi, entre Hemixem, Anvers et Lillo, l'Escaut ne reçoit aucun affluent de quelque importance. Son débit réel doit donc être sensiblement le même, à chaque marée, dans ces trois dernières stations. Car évidemment les eaux supérieures qui descendent le cours du fleuve à Hemixem, doivent passer à Anvers peu de temps après et ensuite à Lillo. Au contraire, le volume du flot est de plus en plus grand, à mesure que l'on se dirige vers l'aval, et M. Petit a trouvé pour ce volume :

A Hemixem	36 589 253^{m3}
A Anvers	57 089 355
A Lillo	92 115 000

Supposons qu'on ait fait simultanément les observations, dans ces trois localités, du 22 au 30 septembre 1876, alors que M. Petit opérait à Hemixem et qu'il trouvait un débit réel de 7 833 441^{m3} par marée. On aurait dû dire que le débit réel est au volume du flot :

A Hemixem,	comme 1 à 4,7
A Anvers,	1 à 7,3
A Lillo,	1 à 11,8

Supposons ensuite que l'on ait fait ces expériences simultanées, pendant que M. Petit était en station à Lillo, où il constatait un débit de 12 842 129^{m3} : alors, il eût fallu dire que le débit réel est au volume du flot :

A Hemixem,	comme 1 à 2,8
A Anvers,	1 à 4,4
A Lillo,	1 à 7,2

On voit que ce rapport du débit réel au volume du flot prend les valeurs les plus diverses, suivant les époques où l'on fait les observations, et il est impossible d'admettre la conclusion que M. Petit tire dans les termes suivants du tableau cité plus haut et qui est donné à la page 386 de son mémoire :

« La partie comprise entre Anvers et Hemixem étant la plus régulièrement profonde et ne renfermant pas de banc, il semble que le rapport de 1 à 5 est la proportion nécessaire entre le débit réel et le volume d'eau de flot pour le maintien de la profondeur. Là où il n'existe pas, nous trouvons une situation mauvaise, comme à Termonde, à Saint-Amand et à Tamise, ou au moins sujette à changements, comme dans la zone de Lillo. »

Si le raisonnement qui précède était fondé, il s'ensuivrait que nulle part, en aval d'Anvers, l'Escaut ne pourrait être dans une bonne situation, puisque le rapport entre le débit propre et le volume du flot diminue, nous l'avons vu, à mesure qu'on se rapproche de l'embouchure du fleuve.

Cependant, si l'on consulte les cartes donnant les résultats des sondages exécutés en 1877 sur l'Escaut, cartes publiées naguère par M. Petit, on ne constate pas que la partie du fleuve comprise entre Anvers et Hemixem se trouve dans de meilleures conditions que la partie située entre Anvers et Lillo. S'il n'existe pas de bancs dans la partie de l'Escaut citée d'abord, ce fait est dû évidemment à ce que le fleuve y est fort resserré entre ses digues.

Il ne sera pas inutile de signaler que toutes les observations dont nous parlons ont été faites en été ou en automne, c'est-à-dire aux époques de l'année où les rivières ont le moins grand débit : ainsi, M. Petit n'a constaté à Termonde qu'un débit propre de 333 542 ^{m3} par marée, soit moins de 8 ^{m3} par seconde, tandis qu'en temps de forte crue, ce débit dépasse 250 ^{m3} par seconde.

Le mémoire qui nous occupe ne donne donc pas une idée complète de l'importance des eaux supérieures ou, en d'autres termes, du débit réel de l'Escaut, et il ne fournit aucune indication sur l'influence que la plus ou moins grande abondance de ces eaux exerce sur la marche de la marée, son amplitude, sa hauteur et sur les vitesses des courants ascendants et descendants.

On peut s'étonner de ce qu'après avoir montré la grande importance des volumes d'eau que la marée fait mouvoir dans l'Escaut, M. Petit semble ne pas tenir compte du rôle qu'ils jouent pour le maintien des passes, tandis qu'il s'attache exclusivement à l'action des eaux supérieures dont il a constaté la rareté.

Mais une opinion fort accréditée à Anvers, et que M. Petit partage évidemment, attribue aux eaux supérieures une puissante action pour le maintien de l'Escaut maritime. Le mémoire qui nous occupe semble même avoir pour but, en grande partie, d'étayer cette opinion sur des résultats de l'expérience.

Je crois avoir montré que ce but n'a pas été atteint, puisqu'il est impossible d'admettre, avec le chef du service hydrographique, que « le rapport de 1 à 5 semble être la proportion nécessaire entre le débit réel et le volume d'eau de flot pour le maintien de la profondeur. »

Sans vouloir nier l'utilité des eaux supérieures pour le maintien de l'Escaut maritime, je ferai remarquer que cette utilité est difficile à prouver. La raison théorique donnée par M. Petit est évidemment insuffisante pour entraîner les convictions : d'après cet honorable officier de marine, les eaux supérieures sont efficaces, parce qu'elles augmentent la puissance du jusant et qu'elles chassent ainsi les sables à la mer.

L'entraînement des sables vers l'aval se produit, sans contredit, dans les sections du fleuve où le débit propre forme une fraction importante du volume du flot.

Mais on peut évidemment demander la preuve que cet entraînement a lieu encore près de l'embouchure où les eaux supérieures, en supposant même qu'elles y soient toutes concentrées, suivant le désir des Anversois, ne formeront jamais qu'une très minime fraction du volume du flot.

La prédominance du jusant que M. Petit a constatée, à Lillo et dans les autres stations situées en amont de la première, est due, en grande partie, à la pente du fleuve qui contrecarre le flot tandis qu'elle favorise le jusant. Mais, en aval de Lillo, la pente devient nulle, pour ainsi dire, et l'on peut se demander si le flot n'y conserve pas sur le

jusant la prédominance qu'il possède, le plus souvent, dans la mer du Nord.

Ce qu'il importe donc de montrer c'est que les eaux supérieures sont capables de chasser en mer les sables de l'Escaut : ce problème présente assez d'intérêt pour mériter des études de la part du service hydrographique. Car si les eaux supérieures n'avaient d'autre effet que d'accumuler, entre Flessingue et Lillo par exemple, les troubles charriés par le fleuve, elles devraient être considérées comme nuisibles plutôt qu'utiles.

Remarquons, en effet, que, si les troubles ne peuvent être chassés en mer, il est avantageux de les voir se déposer, dans le lit de l'Escaut, le plus loin possible de l'embouchure, attendu que leur enlèvement par des dragages pourrait se faire sans de trop grands frais en amont de Lillo, tandis qu'entre ce point et l'embouchure les dragages seraient fort dispendieux.

Ce serait une illusion de croire que le seul jeu des forces naturelles suffira pour maintenir la bonne navigabilité de l'Escaut. La main de l'homme devra certes intervenir et, parmi les moyens que l'on pourra mettre en œuvre, le dragage occupe l'une des premières places. — Déjà l'on effectue des dévasements considérables entre Termonde et Gand, et l'on sait que l'approfondissement du lit fait partie des travaux de régularisation de l'Escaut devant Anvers.

Un dragage effectué dans la rade d'Anvers constitue déjà un travail coûteux. Mais il est superflu de dire que les frais seraient bien plus grands, s'il fallait draguer entre Lillo et Flessingue. Eh bien, une question que je voudrais soumettre au service hydrographique est celle de savoir si les eaux supérieures de l'Escaut n'ont pas pour effet seulement de transporter, entre ces deux dernières localités, des sables qu'il faudra un jour enlever à la drague, tandis que, sans les eaux supérieures, on aurait dû les extraire, il est vrai, quelque part en amont de Lillo, mais à des frais moindres de beaucoup.

Une autre question me paraît digne d'attention. Si, comme le prétendent bien des hommes compétents, plusieurs passes de l'Escaut s'oblitèrent rapidement et si, par conséquent, des dragages importants devront se faire dans un avenir peu éloigné, quelle sera la grandeur du cube de dépôts à extraire annuellement ?

La solution de ce problème ne paraît pas trop difficile à obtenir, attendu qu'il existe des cartes des sondages faits à différentes époques dans l'Escaut, et notamment celles de Beautemps-Beaupré. On pourrait donc calculer le volume des dépôts qui se sont formés depuis le

commencement de notre siècle, et en déduire la grandeur de l'envasement moyen annuel.

Je n'ai ni le temps ni les documents nécessaires pour aborder ce calcul, mais j'ai comparé sommairement les cartes des sondages effectués en 1857 entre Lillo et Anvers à celles qui relatent les sondages de l'Escaut faits par M. Petit en 1877. On apprendra, sans doute, avec étonnement que, d'après cette comparaison, le cube des dépôts qui se sont formés dans cette partie du fleuve, pendant le cours de vingt années, est notablement moindre que le volume des érosions qui se sont produites. En d'autres termes, le fond s'est modifié, s'oblitérant d'un côté et s'améliorant d'un autre ; mais on peut dire qu'en somme, le fleuve s'est sensiblement amélioré entre Anvers et Lillo.

Mon intention n'est pas de tirer argument de ce fait contre les idées de M. Petit, mais uniquement de le citer à l'appui du vœu que j'exprime de voir le service hydrographique s'appliquer à l'étude du régime de l'Escaut au point de vue des alluvions.

L'examen de cette question montrera s'il est possible, sans de trop grands sacrifices pécuniaires, de combattre les envasements de l'Escaut par des dragages.

On ne doit pas se dissimuler que la conservation du fleuve exigera de fortes dépenses dans l'avenir, quels que soient les moyens auxquels on donnera la préférence.

Mais il ne faut pas oublier que les travaux maritimes exécutés récemment ou en voie d'exécution, à Anvers, coûteront au pays et à cette ville une somme totale de 139 millions.

Ce n'est pas au moment de recueillir les fruits d'un aussi grand sacrifice, que la Belgique reculera devant une dépense, fût-elle considérable, pour conserver le fleuve qui forme l'un des principaux éléments de notre prospérité matérielle.

T. B.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

THÉRAPEUTIQUE.

—

Une épidémie d'ergotisme en 1879. — Les médications les plus utiles et les plus rationnelles ont souvent leur côté défectueux; un certain nombre de médicaments sont, en effet, ou bien de violents poisons ou, tout au moins, des substances nuisibles qui peuvent amener des effets fâcheux sur l'organisme. L'ergot de seigle est un de ces médicaments. Remède précieux, dont la médecine ne saurait plus se passer aujourd'hui, il exerce parfois des ravages cruels dans certaines populations.

Non seulement il peut empoisonner les personnes isolées qui s'en servent inconsidérément; mais, mélangé à l'alimentation, il produit dans quelques circonstances des épidémies plus ou moins étendues, d'une gravité incontestable.

L'histoire de la médecine a enregistré des épidémies d'ergotisme depuis des temps assez reculés. La plus anciennement connue remonte à l'année 509; elle a été alors décrite sous le nom d'*Ignis sacer;* mais les symptômes paraissent bien être ceux de l'ergotisme. Depuis lors ces épidémies se sont répétées un assez grand nombre de fois, tantôt dans des contrées isolées, tantôt dans plusieurs pays à la fois. Ainsi, de 1854 à 1857, on a constaté l'existence de six épidémies, qui ont sévi dans différentes localités de l'Allemagne.

En 1879, le duché de Hesse fut visité par une de ces épidémies,

qui se montra dans quinze points de ce pays. Ce sont surtout les endroits où le sol était humide et peu perméable à l'eau, qui furent frappés : le caractère froid et humide de l'été 1879 favorisa encore la production de l'ergot de seigle.

Le pain qui renfermait du seigle entaché d'ergot était plus foncé que le pain ordinaire ; il avait une couleur bleuâtre, un goût légèrement douceâtre, sans odeur spéciale.

Dès les premiers cas d'empoisonnement, on supposa l'existence de l'ergotisme : on prit immédiatement des mesures administratives que les circonstances indiquaient. Mais, malgré tout, la maladie prit une très grande extension.

L'auteur du travail que nous analysons, le Dr Menche, évalue à environ cinq cents le nombre des personnes atteintes : la mortalité paraît avoir été de 5 p. c. Ce sont presque exclusivement des campagnards qui furent empoisonnés : la plupart des malades appartenaient à la classe pauvre. Les premiers cas se constatèrent en septembre 1879 ; l'épidémie fut à son apogée vers le mois d'avril 1880 ; à partir de cette date le nombre des cas alla en diminuant : mais il y eut encore, par ci par là, quelques cas isolés jusqu'en 1881 et même 1882.

Les signes d'empoisonnement se déclarent assez vite chez les enfants et les personnes faibles, parfois 5 à 6 jours déjà après l'ingestion d'un pain contenant de l'ergot ; chez les adultes, au contraire, l'usage de ce pain peut durer des mois avant que l'intoxication ne se manifeste.

Les premiers symptômes qui s'observent chez ces malades sont une sensation d'abattement et d'affaissement général, des douleurs de tête et des vertiges. Au bout de quelques jours ou même de quelques semaines survient un des signes caractéristiques de l'affection, à savoir une démangeaison, ordinairement localisée aux mains et aux pieds, parfois étendue à tout le corps. Plus tard se déclare la période spasmodique de la maladie, laquelle se traduit par des contractures ou des convulsions plus ou moins fortes dans les membres, et spécialement dans les doigts et les orteils. Tel est tout le tableau des cas d'ergotisme bénin.

Mais dans les cas plus sérieux, on voit au bout de quelques mois survenir des phénomènes beaucoup plus graves et plus effrayants, des attaques épileptiques ou épileptiformes, accompagnées ou suivies d'agitation générale, de véritable manie, qui peuvent se terminer par la mort du malade.

Le Dr Menche a essayé de reproduire artificiellement l'ergotisme chez

des animaux en leur faisant ingérer de la nourriture contenant de l'ergot de seigle ergoté. Mais ses essais ont toujours échoué (1).

Action physiologique et thérapeutique de l'Adonis vernalis. — Le Dr Bubnoff a institué dans la clinique du professeur Botkin, de Saint-Pétersbourg, des expériences à l'effet d'étudier l'action de l'Adonis vernalis, plante dont les applications médicales s'étaient de plus en plus réduites depuis quelques années.

Des nombreux essais qui ont été faits, tant chez l'homme que sur les animaux, l'auteur déduit les conclusions suivantes : l'impulsion du cœur est sensiblement augmentée par l'ingestion de cette plante ; les dimensions de cet organe sont diminuées, on entend plus distinctement les bruits du cœur, le rythme des battements cardiaques devient plus régulier et plus lent ; le pouls se ralentit, l'ondulation artérielle est plus forte et plus pleine. La quantité d'urine excrétée dans les vingt-quatre heures devient beaucoup plus grande ; en même temps les propriétés physiques et chimiques de ce liquide sont modifiées ; la couleur est moins foncée ; le poids spécifique diminue ; le liquide devient plus transparent ; la quantité absolue de chlorures et d'urée augmente, il ne s'élimine plus d'albumine ni de cylindres rénaux. Le poids total du corps diminue. L'œdème qui peut exister dans différentes parties du corps disparaît entièrement, de même que toutes les autres conséquences de la gêne circulatoire, c'est-à-dire que le foie diminue de volume, la cyanose tend à disparaître, la dyspnée s'apaise. Enfin les malades éprouvent un soulagement dès le premier jour d'administration de ce médicament.

L'auteur pense donc que les médecins doivent recourir, avec confiance, à ce précieux remède, qui souvent remplacera avantageusement la digitale dans un grand nombre d'affections du cœur, de maladies des reins, etc. Il n'a presque jamais échoué dans l'emploi de l'Adonis ; plusieurs fois cette plante a réussi dans des cas où la digitale n'avait rien produit ; on peut l'administrer sans craindre les dangers de l'accumulation médicamenteuse. Le seul inconvénient de l'Adonis est le trouble qu'il apporte parfois dans les fonctions digestides ; la digitale, qu'il faut cependant déjà manier avec prudence, est moins nuisible sous ce rapport (2).

(1) Menche. *Die Ergotismus Epidemie in Oberhessen seit Herbst* 1879, Deutsch Archiv. fur klin. Medecin. Juin 1883.

(2) Bubnoff. *Ueber die physiologische und therapeutische Wirkung der Adonis-vernalis Pflanze.* Deutsch Arch. f. klin. Medic. Juin 1883.

De l'emploi de la glycérine dans le traitement des fièvres aiguës. — On sait que jusqu'ici, malgré les découvertes récentes des microbes, bactéries, bacillus, etc., la médecine ne possède pas de moyen capable de détruire la cause productive de la fièvre qui caractérise les maladies aiguës en général, et particulièrement les maladies infectieuses. Sauf pour les fièvres intermittentes, que l'on jugule par les sels de quinine, dans les autres affections zymotiques on en est réduit, soit à modérer la haute température du corps par l'emploi méthodique du froid ou par l'administration de médicaments antithermiques, soit à soutenir l'organisme et à le mettre à même d'attendre que la cause morbifique s'épuise peu à peu d'elle-même. Cette dernière indication est remplie par l'emploi de substances connues sous le nom d'*aliments d'épargne*. Le plus employé jusqu'ici de ces aliments est l'alcool sous ses diverses formes (vin, bières, alcoolats ou alcoolés, etc...). Mais si utile et efficace que soit l'alcool, il n'est pas sans offrir quelques inconvénients sérieux, tels que son action excitante et à la longue, épuisante, sur le cœur et le cerveau, son action irritante sur les voies digestives ; en Angleterre les médecins, partisans du mouvement de tempérance du *teetotalism*, reprochent à l'emploi médical de l'alcool d'avoir occasionné souvent les rechutes d'ivrognes convertis ou en voie de l'être. Quoi qu'il en soit, il est utile que l'on cherche à augmenter le nombre d'aliments d'épargne à donner aux fébricitants, ne fût-ce que pour éviter la satiété du palais.

Se basant sur l'analogie de composition chimique, M. le professeur Semmola, de Naples, a pensé que la glycérine pouvait être substituée à l'alcool quand il s'agissait de soutenir l'organisme dans sa lutte contre la fièvre. Cette vue théorique fut pleinement confirmée par les expériences cliniques.

L'éminent praticien italien a administré ce médicament dans différents cas d'infection typhique, en l'employant quand la température était entre 39° et 40°, surtout lorsqu'à la fin de la première semaine, les conditions du malade étaient presque stationnaires. Avec une réserve vraiment scientifique et trop rare pour ne pas être relevée, l'auteur ne veut pas tirer de conclusions sur l'utilité de sa méthode, en comparant seulement la marche des symptômes dans les cas où il a employé la glycérine avec celle des cas où le médicament ne fut pas administré. Comme il le dit judicieusement, « il est si difficile, pour ne pas dire impossible, de tirer des conclusions thérapeutiques rigoureuses par des expériences comparées des cas cliniques, qui, par leur

nature, sont tout autre chose que comparables, parce que le déterminisme scientifique rigoureux est impossible. »

Le Dr Semmola s'est donc attaché à trouver une mesure scientifique, qui lui a été donnée par la quantité d'urée que les malades émettent dans les 24 heures, avant et après l'emploi de la glycérine. Il a suivi avec une grande rigueur 20 cas de fièvres typhoïques, et il a constaté qu'à peine la glycérine ingérée, la quantité d'urée commence à diminuer ; dans deux cas, cette diminution a été de 10 grammes par 24 heures : dans le plus grand nombre de cas il a observé une diminution de 6 ou 7 grammes d'urée dans les 24 heures. L'auteur a eu soin de mettre tous ces malades dans les mêmes conditions d'alimentation, d'air, de température, etc..., et de laisser de côté ceux chez lesquels la diminution de l'urée pouvait être attribuée à la marche spontanée de la maladie.

Dans un cas, il a été possible de faire une contre-épreuve : chez un malade, pour lequel on avait noté un abaissement du chiffre de l'urée de 37 à 30 grammes, la glycérine ne fut plus, pour des raisons spéciales, administrée au 12e jour ; immédiatement la quantité d'urée remonta à 38 grammes.

Dans tous les cas, pendant l'emploi de la glycérine, la courbe thermique, en donnant des oscillations de quelques dixièmes de degré, n'était plus en rapport avec les grandes différences dans la quantité d'urée excrétée.

La glycérine est facilement acceptée par les malades, qui en ingèrent volontiers de 15 à 20, 30, 40 et même 50 grammes par jour ; le meilleur mode d'administration est de la dissoudre dans 400 ou 500 grammes d'eau, avec addition de quelques grammes d'acide citrique, quelques cuillerées de jus de citron, ou encore quelques gouttes d'essence d'anis. Cette solution, qui constitue une boisson agréable, ne déplaît pas aux malades atteints de fièvre parce qu'elle conserve le caractère de boisson aqueuse, dont ils sont généralement très avides.

Cette nouvelle médication, préconisée par le Dr Semmola, mérite d'être mise à l'épreuve, en ayant soin d'y mettre tout le déterminisme scientifique indispensable pour juger, en connaissance de cause, l'efficacité d'une thérapeutique quelconque. Il importe surtout de rappeler que la valeur de ces recherches dépend de la comparabilité rigoureuse des conditions de vie du malade et de l'exactitude du dosage de l'urée (1).

(1) Docteur M. Semmola. *De l'emploi de la glycérine dans le traitement des fièvres aiguës.* BULLETIN GÉNÉRAL DE THÉRAPEUTIQUE, 15 juin 1883.

Application du salicylate de bismuth au traitement de la fièvre typhoïde. — Un de nos plus savants collègues, M. le professeur Desplats, de la faculté libre de médecine de Lille, a entrepris depuis quelque temps l'étude spéciale du traitement de la fièvre typhoïde. Dans une première série de publications, il a étudié l'action antipyrétique de divers composés de la série aromatique (acide phénique, acide salicylique, salicylate de soude, résorcine), et il est arrivé aux conclusions suivantes : 1° ces divers agents ont une action sur la température et les autres éléments de la fièvre, quelles que soient la nature et la cause de la fièvre ; 2° cette action est sûre et prompte, pourvu que le médicament soit administré à dose suffisante ; 3° elle est courte, à cause de l'élimination rapide du médicament. Ainsi que l'écrivait l'auteur lui-même, ces résultats ne sont pas merveilleux ; mais ils sont encourageants et dignes d'être connus.

Aujourd'hui le Dr Desplats expose le résultat de recherches instituées avec un nouveau remède, le salicylate de bismuth, qui offre, sur l'acide phénique et ses congénères, l'avantage d'être moins rapidement absorbé et éliminé. Les premières observations, recueillies par l'auteur, sont des plus remarquables et méritent d'être répétées.

L'effet immédiat de l'administration du salicylate de bismuth est un abaissement de la température ; cela ne manque jamais quand la dose est suffisante. En outre, ce médicament a une action incontestable sur l'ensemble de la courbe thermique.

Ce qui est plus important et plus favorable encore, c'est l'action que cet agent, régulièrement administré, exerce sur l'évolution et la terminaison de la maladie. L'auteur a classé les 22 cas traités par cette méthode en catégories : la première, se composant de 13 cas, comprend les malades dont la fièvre typhoïde a été arrêtée, et chez lesquels le salicylate de bismuth a eu une action abortive ; la seconde, 4 cas, comprend les malades dont la fièvre typhoïde a eu une allure plus bénigne et chez lesquels le salicylate a eu une action modératrice ; enfin la troisième, 5 cas, comprend les cas rebelles au traitement, qu'ils se soient terminés par la mort [3] ou que l'allure générale de l'affection n'ait pas été modifiée [2].

L'auteur a porté son attention sur les accidents attribués aux préparations phéniquées et salicylées, qui provoqueraient soit des épistaxis, soit des hémorragies intestinales, de la dyspnée et du délire. Il s'est convaincu que ces accidents ne peuvent être mis sur le compte de ces médicaments ou que, tout au moins, ils n'ont eu aucune gravité.

Somme toute, les conclusions du Dr Desplats sont beaucoup plus favorables à ce traitement que celles du Prof. Vulpian, qui a également institué des expériences dans ce sens (1). Le savant clinicien de Lille attribue cette divergence à la différence des doses employées, et peut-être à la composition du médicament.

Quel serait le mode d'action du salicylate de bismuth? Il est difficile de le déterminer actuellement. Sans vouloir émettre une théorie prématurée, le Dr Desplats ne peut s'empêcher de faire remarquer, d'une part que le salicylate de bismuth, en dehors de l'organisme, agit puissamment sur les ferments organisés, d'autre part que, administré à des typhiques, dans la moitié des cas au moins, il modère et arrête en quelques jours les divers phénomènes fébriles. Il est assez naturel de penser qu'il existe un lien étroit entre ces deux faits ; cette opinion est corroborée par les recherches de Klebs et d'Eberth, qui attribuent à une infection, d'abord intestinale, plus tard généralisée, les divers phénomènes de la fièvre typhoïde. Or, le salicylate de bismuth, à cause de son action énergique sur les ferments organisés et de son insolubilité qui lui permet d'arriver, sans être absorbé, jusqu'à la partie inférieure de l'intestin, est à même d'empêcher la multiplication de l'agent infectieux dans l'intestin et sa pénétration dans l'économie tout entière.

Quoi qu'il en soit, ce qui paraît constant, c'est que, dans plus de la moitié des cas observés par le Dr Desplats, le salicylate de bismuth a enrayé la fièvre typhoïde, et dans un cinquième il l'a modérée ; il croit que, pris pendant la période prodromique, lorsque l'infection semble purement intestinale, son efficacité serait encore plus grande et que le nombre des fièvres avortées s'accroîtrait. Il se demande si même on ne pourrait pas essayer de prévenir la maladie en administrant ce médicament aux personnes qui sont menacées d'être atteintes de la fièvre typhoïde. Il se borne à dire qu'il a fait cet essai une seule fois et que, dans l'entourage de son typhisé, aucun nouveau cas ne s'est produit.

Bien qu'il faille toujours apporter une grande réserve dans l'appréciation de nouveaux médicaments, il est incontestable que les faits exposés par le Dr Desplats ont été trop bien observés, pour qu'ils ne méritent pas d'attirer l'attention des praticiens. L'auteur dont la valeur, comme clinicien et comme observateur, ne peut être méconnue, a le

(1) *Journal de pharmacie et de chimie.* Avril et mai 1882.

droit de demander qu'on examine et qu'on expérimente cette médication avant de la condamner. Certes, une vingtaine de faits ne suffit pas pour établir l'efficacité d'un nouveau traitement, surtout pour la fièvre typhoïde, dont la gravité varie singulièrement suivant une foule de circonstances extérieures, qu'on perd quelquefois un peu trop de vue. Cependant, quand ces cas ont été observés avec soin, quand ils sont relatés avec une entière bonne foi et une sincère impartialité, il n'est pas permis de dédaigner les enseignements qui en découlent, et il est du devoir de tout praticien consciencieux de soumettre la médication proposée à une expérimentation, qui aurait d'autant plus de valeur qu'elle se ferait dans des conditions nouvelles (1).

Un nouvel hynoptique : la paraldéhyde. — Le nombre de médicaments propres à provoquer le sommeil n'est pas considérable. Quand nous aurons cité l'opium et ses dérivés, parmi lesquels domine la morphine, ensuite le chloral, peut-être enfin les bromures, nous aurons épuisé la série de ces remèdes si précieux dans une foule de cas. Or, il n'arrive que trop souvent que les malades subissent ce qu'on est convenu d'appeler l'assuétude médicamenteuse, d'où résulte la nécessité d'augmenter graduellement les doses administrées, ce qui, pour les hypnotiques, est particulièrement fâcheux. Il serait donc bien utile d'enrichir notre arsenal thérapeutique de quelques armes nouvelles et propres à combattre l'insomnie.

Or, il nous vient d'Italie différents travaux relatifs à un nouveau médicament somnifère, à savoir la *paraldéhyde*. Ce corps n'est qu'un polymère de l'aldéhyde ordinaire. Le mode d'action de ce médicament a été étudié pour la première fois par le Dr Cervello, de Palerme, qui a institué ses expériences dans le laboratoire de pharmacologie pratique de Strasbourg. Il a principalement étudié les effets de la paraldéhyde sur la grenouille, le lapin et le chien. Chez ces animaux, il survient, sous l'influence de ce corps, un sommeil tranquille, non précédé d'excitation, la respiration restant calme : ces effets ressemblent à ceux du chloral, avec cette différence que la paraldéhyde diminue beaucoup moins le nombre des contractions du cœur. Si on donne des doses exagérées, toxiques, on produit une annulation des mouvements réflexes, on ralentit, puis on arrête les mouvements respiratoires, et l'animal meurt sans convulsions, ni vomissements.

(1) H. Desplats. *Application du salicylate de bismuth au traitement de la fièvre typhoïde.* BULLETIN GÉN. DE THÉRAPEUTIQUE, 30 juin 1883.

L'absorption a lieu avec une grande rapidité : cinq minutes après l'ingestion stomacale, les effets se produisent déjà chez le chien. La voie stomacale n'est pas la seule ouverte à l'absorption de la paraldéhyde : on y arrive aussi par des injections sous-cutanées ou par la voie rectale.

L'auteur a essayé, avec succès, le médicament sur lui-même et sur un malade de la clinique du professeur Federici, de Palerme (1).

Ces expériences sur l'homme étaient trop peu nombreuses pour qu'on fût autorisé à en tirer des conclusions pratiques. Heureusement, cette lacune a été comblée par le professeur Morselli, de l'asile royal de Turin, qui a poursuivi en grand ces recherches avec la collaboration du Dr Bergesis, son médecin-adjoint. Ce clinicien rapporte trois cent cinquante cas, dans lesquels il a fait usage de la paraldéhyde soit pour des maladies mentales, soit pour des névralgies, en un mot dans tous les cas où il était indiqué de provoquer le sommeil. L'auteur a eu constamment à se louer des bons effets de ce médicament et, d'après lui, une dose de trois grammes suffit généralement pour procurer un sommeil de cinq, six ou sept heures; le réveil a toujours lieu facilement, sans que le malade ait éprouvé aucun malaise. L'action du remède commencerait une demi-heure après son ingestion.

La paraldéhyde serait donc un narcotique appelé à rendre de grands services, puisqu'elle a les avantages du chloral (sommeil calme, semblable au sommeil naturel), et qu'elle n'en a pas les inconvénients (céphalalgie, nausées, troubles digestifs, ralentissement de la circulation). Elle aurait été même efficace dans certains cas où le chloral n'avait produit aucun effet (2). Dans une autre série d'expériences, le professeur Cervello a établi que la paraldéhyde empêche la manifestation des symptômes de l'empoisonnement par la strychnine s'ils n'ont pas encore paru, ou les fait cesser s'ils se sont déjà manifestés. Cet antagonisme s'exerce aussi bien, que la paraldéhyde soit donnée avant ou après la strychnine, ou que les deux substances soient administrées en même temps. Pour l'auteur, cet antagonisme est d'origine centrale, c'est-à-dire que les deux corps (paraldéhyde et strychnine) agissent l'un en déprimant, l'autre en excitant l'irritabilité réflexe de la substance grise du centre bulbo-médullaire (3).

Traitement de l'emphysème pulmonaire par l'emploi du respira-

(1) *Archivio per le scienze mediche*, vol. VI, n° 12.
(2) *Gazzetta degli Ospitali* de Milan, janvier 1883.
(3) *Archivio per le scienze mediche*, vol. VII, n° 1.

teur élastique. — L'emphysème pulmonaire est une affection essentiellement constituée par la perte d'élasticité des vésicules pulmonaires qui, après s'être dilatées sous l'effort des muscles inspirateurs, ne reviennent qu'incomplètement sur elles-mêmes, de sorte que chaque inspiration est suivie d'une expiration insuffisante. C'est ce qui a fait dire au professeur Jaccoud que les alvéoles du poumon emphysémateux deviennent un milieu intérieur à air confiné.

Ces lésions produisent chez les malades des symptômes très pénibles, dont le principal est une dyspnée ou gêne respiratoire, existant d'une manière continue, mais augmentant considérablement par les moindres mouvements, et surtout lorsque le sujet doit gravir une montagne ou monter un escalier, ou bien encore quand, par suite de bronchite intercurrente, la muqueuse bronchique se gonfle, diminue le calibre des tuyaux aériens et met obstacle à la sortie de l'air expiré.

On a cherché à remédier par différents procédés à cet état morbide. Pendant longtemps on considérait l'emphysème pulmonaire comme incurable; les médicaments que l'on avait essayés et qui devaient avoir pour but de rendre aux vésicules pulmonaires l'élasticité qu'elles avaient perdue se montraient absolument inefficaces.

Un grand progrès fut réalisé par l'invention des appareils pneumothérapiques. Ceux-ci sont de deux sortes : dans les *cabinets à air comprimé,* on facilite l'expiration par la pression que l'on exerce sur les parois du thorax et sur les organes abdominaux à contenu gazeux; en même temps qu'on diminue l'hypérhémie et le gonflement de la muqueuse bronchique de manière à augmenter le calibre des canaux aériens; en outre, par l'action bienfaisante qu'on exerce sur l'oxygénation du sang et sur la circulation, on favorise la nutrition du tissu pulmonaire; enfin pendant la décompression, par suite de la raréfaction graduelle de l'air, l'expiration est rendue plus facile et plus complète; les vésicules pulmonaires reviennent mieux sur elles-mêmes, et le résidu d'air que celles-ci contiennent tend à diminuer. Il existe, d'autre part, des appareils qui ont pour but de soumettre l'intérieur des poumons à l'action d'un air raréfié pendant chaque expiration; c'est ce qu'on appelle les *appareils transportables.* A chaque expiration donc, l'air contenu dans les vésicules pulmonaires est aspiré à l'extérieur, de sorte que le retrait de ces vésicules est, pour ainsi dire, forcé de se faire d'une manière plus ou moins complète. On comprend que ces appareils exercent une action encore plus directe sur l'emphysème que les bains d'air comprimé.

On a encore essayé d'autres procédés : tel est celui préconisé par

le Dr Gerhardt, et qui consiste à appliquer les deux mains sur les côtés du thorax et à exercer une pression uniforme et progressive sur les côtes au moment de chaque expiration. Ce procédé peut être combiné avec l'emploi des appareils transportables.

Le Dr Geyer a proposé, comme agent de compression, un gilet de tissu élastique ; le Dr Gestin a utilisé, avec succès dans un cas, la percussion d'une douche froide sur le thorax ; enfin quelques-uns ont eu recours au massage et à l'électricité, afin d'augmenter la force des muscles expirateurs.

M. le Dr Féris, professeur à l'école navale de médecine de Brest, vient d'inventer un respirateur élastique destiné à atteindre le même but d'une façon permanente. Cet appareil ressemble à un bandage herniaire double : il se compose de deux ressorts d'acier, adaptés en arrière à une sorte de coussin s'appuyant sur le dos, et en avant à une petite plaque rembourrée, laquelle s'applique sur les parties emphysémateuses et remplit l'office de compresseur. L'avantage de ce respirateur élastique est de pouvoir agir directement sur les portions des poumons atteintes d'emphysème. On sait, en effet, que cette maladie possède des lieux d'élection qu'elle attaque de préférence ; ce sont presque toujours les régions du thorax présentant la résistance la moins énergique, c'est-à-dire, la partie supérieure et la partie antérieure au niveau des cartilages costaux et de l'extrémité des côtes. Dans ces points, le jeu de soufflet qui constitue la respiration ne se produit plus ou presque plus. Appliquez sur ces points un respirateur élastique ; le premier effet est de déterminer l'expulsion de l'air, c'est-à-dire l'expiration ; puis l'inspiration se produit sans effort ; ensuite, nouvelle expiration artificielle, et ainsi de suite. La dyspnée ou gêne respiratoire doit donc, déjà *à priori*, disparaître ou diminuer considérablement. Eh bien ! il paraît que la pratique confirme cette vue théorique.

En effet, un malade du service de M. Constantin Paul, emphysémateux avéré, qui éprouvait même au repos une dyspnée marquée, a pu avec le respirateur Féris descendre et remonter sans s'arrêter deux étages de l'hôpital Lariboisière. Les observations spirométriques confirment l'efficacité de l'appareil. Ainsi chez un malade, soixante inspirations ne faisaient pénétrer dans l'arbre aérien que quatre-vingt-deux litres d'air ; une fois l'appareil placé, le même nombre d'inspirations faisait entrer cent quarante litres d'air.

Le bénéfice immédiat qu'on retire de l'emploi de l'appareil persiste encore quelque temps après qu'il a été enlevé ; le malade continue

souvent à se sentir soulagé, le sommet du poumon fonctionne encore pendant quelques instants. Il faut un certain temps pour s'habituer à la compression, qui est un peu gênante au début : mais l'accoutumance est aussi rapide qu'avec les bandages herniaires (1).

Dr Mœller.

GÉOGRAPHIE.

Les expéditions polaires. — L'hivernage de l'expédition *suédoise* au Spitsberg s'est passé sans encombre. Les expériences scientifiques ont toutes réussi, et l'on a pu se conformer exactement aux règlements de la commission polaire internationale. On a fait des études hydrographiques et météorologiques sur la glace de l'Isfiord, ainsi que des observations sur la température de l'air, de la neige et de la terre. L'hiver 1882-1883 a été, en général, peu rigoureux ; le plus grand froid a eu lieu le 2 janvier, le thermomètre est descendu ce jour à — 35°,5 C. Il y a eu peu d'orages. En travaillant continuellement, en se nourrissant bien et en se baignant fréquemment, les membres de l'expédition ont constamment joui d'une bonne santé. Ils ont tué 9 rennes, 10 renards, 61 perdrix de neige, 18 oies sauvages et d'autres oiseaux.

L'expédition *autrichienne* était établie à l'île Jean Mayen, au nord de l'Islande. Un steamer de l'État, le *Pola*, parti pour les chercher, est arrivé en rade de l'île le 4 août, et a trouvé tout le monde en bonne santé. Malgré de nombreuses difficultés, la commission polaire s'est heureusement acquittée de sa tâche et a obtenu des résultats scientifiques remarquables. L'hiver a été doux : peu de glace, mais beaucoup de neige. La température la plus basse a été — 32°,2 C. On n'a pas eu de scorbut. L'expédition a quitté Jean Mayen le 6 août, et est arrivée à Hambourg le 19. Le 22, elle était de retour à Vienne, où elle a été reçue par le bourgmestre, plusieurs dignitaires civils et militaires, un aide-de-camp de l'empereur et une députation de la Société de géographie.

(1) Dr Féris. *Emploi, contre la dyspnée des emphysémateux, du respirateur élastique.* Bull. gén. de thérap., 15 avril 1883.

La station *norvégienne* de Bossekop a pu faire les observations réglementaires sans beaucoup de peine. Celles des oscillations magnétiques ont été des plus remarquables. Jamais l'aiguille n'a cessé d'être en mouvement pendant cinq jours, et c'est surtout la nuit que les oscillations ont été les plus fortes. Des aurores boréales ont été observées presque chaque nuit. La température la plus basse a été — 21°,7 C, le 31 décembre.

On a eu des nouvelles de l'expédition *anglaise* établie au fort Rae, près du grand lac de l'Esclave, dans l'intérieur de l'Amérique septentrionale. Le plus grand froid, au mois de novembre, a été de — 60° C, le thermomètre étant couché à terre ; tandis que suspendu en l'air il n'accusait que — 48°. Les 10, 20 et 30 novembre, on a pu prendre des photographies d'aurores boréales.

La Varna et la Dymphna. — Nous avons dit dans une de nos revues précédentes qu'au mois d'août la *Varna* et la *Dymphna* avaient été enfermées dans les glaces de la mer de Kara, un peu à l'est du détroit de Waygatz. Le premier de ces navires était, comme l'on sait, affrété pour conduire à destination l'expédition météorologique hollandaise, et sur l'autre le lieutenant danois Hovgaard se proposait de contourner par l'est la terre Francois-Joseph et, si possible, d'atteindre le pôle. On était sans nouvelles des deux navires depuis une année, lorsque, par une dépêche de Wardöehuus, le capitaine de l'*Obi*, vapeur appartenant à M. Sibiriakov, annonça qu'il avait recueilli près de l'île de Waygatz, les membres de l'expédition hollandaise et l'équipage de la *Varna*, et qu'ils revenaient en Europe à bord du *Nordenskiöld*. Ils étaient de retour à Amsterdam au milieu de septembre. Voici en peu de mots leur histoire. Après le départ de la *Louise*, les deux navires firent plusieurs tentatives pour atteindre la côte ; mais, n'y ayant pas réussi, ils résolurent d'établir leur observatoire sur un énorme glaçon, auquel ils donnèrent le nom de Hollande. Au mois d'octobre, la situation s'aggrava ; les glaçons s'amoncelaient et menaçaient d'écraser la *Varna*, le plus exposé des deux navires. L'équipage se réfugia sur la glace et s'y établit. Bientôt d'énormes crevasses se produisirent dans les glaçons, et séparèrent durant toute une semaine l'équipage et le navire. Heureusement ces crevasses se gelèrent de nouveau, l'on put remonter à bord et reprendre les observations. Ces travaux furent continués avec succès jusqu'à la veille de Noël, jour où la *Varna* fut en partie défoncée par les glaçons. On avait quitté le navire la nuit précédente, emportant les instruments scien-

tifiques, les canots, les vivres et les chiens, et l'on se réfugia à bord de la *Dymphna*, qui, moins exposée et peut-être plus solidement construite, avait pu résister au choc. Les observations furent continuées à bord du steamer danois jusqu'au 25 janvier, jour auquel le thermomètre descendit à — 65° C. Au commencement d'avril les glaces diminuèrent, l'eau apparut, et une température tiède succéda au froid intense des mois précédents. Le 24 juillet, les glaces qui soutenaient la *Varna* s'étant complètement fondues, le navire s'abîma dans les flots. On put alors songer au retour ; mais, la *Dymphna* étant équipée pour une campagne de deux ans, les Hollandais quittèrent leurs hôtes danois le 1er août, et se dirigèrent vers la terre à l'aide de bateaux et de traîneaux, en évitant les glaçons qui se rencontraient encore en grand nombre sur la mer. Le 25 août, ils atteignirent l'île de Waygatz. C'est là que la *Louise*, le *Nordenskiöld* et l'*Obi* les rencontrèrent. La *Louise* les prit à son bord ; mais, les glaces ayant brisé son hélice, le *Nordenskiöld* la remorqua, et l'*Obi* prit les devants pour annoncer leur retour à l'Europe. Bonne et grande nouvelle, car, malgré la perte de la *Varna*, l'expédition n'a pas coûté la vie à un seul homme, et tout le matériel scientifique, collections, procès-verbaux, observations, tout a été sauvé. Le lendemain du départ des Hollandais, la *Dymphna* fut dégagée. Malheureusement elle éprouva de telles avaries à son hélice, qu'il lui fallut renoncer à l'emploi de la vapeur, et qu'elle ne put avancer qu'avec une grande lenteur. Elle fut enfermée de nouveau, et vogua six semaines au gré des glaçons. Dégagée une seconde fois, elle atteignit avec beaucoup de peine la porte de Kara : d'où, après une navigation des plus pénibles, elle arriva enfin, le 10 octobre, au port de Vardö. — Malgré toutes ces contrariétés, le lieutenant Hovgaard n'a pas renoncé à son projet. Il compte le reprendre l'été prochain, et le négociant Gamel a de nouveau mis la *Dymphna* à sa disposition.

Expédition de Nordenskiöld au Groënland. — Un télégramme de Thurso donne quelques détails sur cette expédition. Le 4 juillet, un détachement parti de Aulectsivickfiord sur la côte occidentale (lat. N 78° 10′) se dirigea vers l'est, parcourant en traîneau 170 kilomètres, et atteignit une altitude de 5000 pieds (1570 m.) au-dessus du niveau de la mer. Le peu de consistance de la neige ne permit plus l'usage des traîneaux. Les Lapons de l'expédition purent cependant, avec des raquettes, s'avancer jusqu'à 100 kilomètres plus loin à l'intérieur, et s'élever par des pentes neigeuses jusqu'à une hauteur

de 7000 pieds (plus de 2000 mètres). L'expédition pénétra plus loin qu'aucune des précédentes, mais ne trouva rien qu'un immense désert de neige et de glace. — En même temps, la *Sofia* visitait la côte N-O du Groënland jusque vers le cap York; elle y apprit des Esquimaux que deux hommes de l'expédition américaine étaient morts, et que les autres se trouvaient à Littleton. Le 16 août, Nordenskiöld appareilla avec la *Sofia* d'Edegesminde (vers 78° 40′ lat. N) pour explorer la côte orientale du Groënland. Bien qu'il n'eût pas traversé l'île d'une côte à l'autre, sa campagne sur la côte ouest avait eu d'excellents résultats, et il en rapportait de riches collections zoologiques, botaniques et géologiques. La *Sofia* toucha à Ivigut, Julianeshaab et Frederiksdal, le port le plus méridional du Groënland; puis, doublant le cap Farewell, elle s'engagea dans les passages qui bordent la côte. Elle ne réussit pas à se frayer un chemin dans les champs de glace et, forcée de sortir de la banquise, elle ne parvint à atterrir qu'au sud du cap Dan. Le 4 septembre, elle jeta l'ancre dans un fiord qui avait été visité depuis peu par les Esquimaux, et où se trouvaient des vestiges de l'occupation normande. Après avoir essayé en vain de pousser plus au nord, elle reprit le chemin de l'Europe, et arriva le 9 septembre à Reykiavik.

Dans cette dernière partie de son voyage, Nordenskiöld a constaté que le courant froid qui entraîne les glaces le long de la côte orientale du Groënland n'a qu'une vitesse insignifiante, que les glaciers sont peu nombreux et de moyenne grandeur, enfin qu'ils ne ferment pas l'entrée des fiords. Il conclut de ces observations que, le plus souvent, des steamers convenablement construits pourront, pendant l'automne, atteindre la côte orientale du Groënland.

Les colonies anglaises. — Dans la dernière session, le gouvernement anglais a présenté au Parlement un document des plus importants sur la situation des colonies britanniques. Il résulte de cette pièce officielle que ces colonies occupent une surface de 7 917 000 *statute miles* carrés (20 millions de kilomètres carrés), soit plus du double de l'Europe, ou environ un quinzième de la terre habitable. L'Angleterre possède dans l'Amérique septentrionale environ 9 millions de kilomètres carrés, dans l'Océanie 7 3/4 millions, dans l'Afrique méridionale 720 000, et dans l'Inde, abstraction faite des États tributaires, 2 1/4 millions. La population de toutes ces colonies était, en 1881, de 217 695 000 âmes; la population relative y est extrêmement variable; tandis que l'Inde a 86 âmes par kilomètre

carré, l'Amérique septentrionale n'en compte que 0,5, et l'Océanie que 0,035.

Le développement des colonies a beaucoup augmenté dans ces dernières années. D'après le rapport présenté en 1871, les revenus des colonies n'étaient que de 70 457 000 livres sterling ; tandis qu'en 1881 ils se sont élevés, à 110 122 000 livres, soit une augmentation de 39 665 000. Dans l'Inde, ils ont passé de 53 600 000 l. st. en 1871, à 75 300 000 en 1881, soit une augmentation de 21 700 000. Dans l'Afrique méridionale, le progrès a été encore plus considérable; les revenus qui étaient en 1871 de 9 600 000 l. st., ont été de 20 600 000 en 1881. Il est vrai que les dépenses ont suivi une marche ascendante encore plus rapide : tandis qu'en 1871 elles avaient été de 69 878 000 l. st., elles furent de 114 182 000 en 1881. Elles ont donc dépassé les revenus. Aussi la dette publique des colonies, qui était de 176 800 000 l.st. en 1871, est-elle en 1881 de 306 400 000. La dette de l'Australie a augmenté en dix ans de 39 à 96 millions de livres, et celle du Canada de 16 500 000 à 32 500 000.

Cette énorme augmentation de la dette publique impose de grandes charges aux colonies ; mais, d'un autre côté, leurs ressources ont considérablement augmenté. Ainsi la valeur des importations a été en 1881 de 208 880 000 l. st., contre 126 663 000 en 1871, soit une augmentation de 80 218 000, plus de 62 p. c. L'exportation aussi a passé de 147 167 000 livres à 200 379 000, soit une augmentation de 36 p. c.

Le Thé. — Le commerce du thé entre la Chine et les pays étrangers paraît avoir commencé il y a environ deux cents ans. En 1678, la Compagnie des Indes expédia en Europe 4713 livres de thé. Les exportations augmentèrent d'année en année ; en 1711, elles montaient à 142 000 livres, en 1760, à 2 millions ; en 1800 à 20 millions, pour arriver en 1881 à 285 millions environ.

L'arbre le plus haut de la terre. — Les forêts vierges de la partie occidentale de la Tasmanie renferment des arbres de proportions énormes. Des bûcherons racontent qu'ils ont vu des eucalyptus mesurant 200 pieds (61 m.) depuis le sol jusqu'à leur première branche, et 350 pieds (107 m.) en totalité. Jusqu'en 1873, il y avait sur le côté oriental du mont Wellington, à 4 milles de Hobart Town, un eucalyptus dont la circonférence était de 86 pieds (25 $\frac{1}{4}$ m.) et la

hauteur de plus de 300 pieds (91 $\frac{1}{2}$ m.) — Cependant la colonie australienne de Victoria prétend posséder des arbres encore plus gigantesques, et même l'arbre le plus élevé du globe. Il se trouve près de Fernshawe, comté d'Evelyn, à 48 milles N.-E. de Melbourne, et sa hauteur atteint 420 pieds (128 m.)

Bois de charpente aux États-Unis. — Dans les trente-cinq dernières années on a coupé en moyenne 72 millions de pieds cubes (environ deux millions de mètres cubes) de bois dans la partie du territoire de Washington qui s'étend, entre les rivières Fraser et Colombia, depuis la mer jusqu'aux monts Cascade. Dans la supposition que cette moyenne soit triplée, il faudrait 740 ans pour épuiser le stock des forêts du pays ; mais dans le cas où l'on couperait 500 millions de pieds par an, 320 ans y suffiraient.

L. D.

HYGIÈNE.

Un usage médical du citron. — En de nombreuses circonstances, la thérapeutique a eu recours et recourt même encore à l'emploi du citron. Le rhumatisme, le scorbut, la diphtérie et bien d'autres maladies ont plus ou moins bénéficié de ce traitement. Nous voulons citer ici, d'après un journal italien (1), un autre usage thérapeutique du citron. Pour être moins connu et probablement moins ancien que les autres, du moins il ne leur paraît pas inférieur.

Le Dr Maglieri expérimenta la décoction de citron sur trois malades atteints de fièvre intermittente. Les deux premiers voyaient leurs accès revenir tous les deux jours (fièvre tierce) ; le troisième, sans pressentir d'accès, en était arrivé à la cachexie paludéenne. L'état général de ce dernier s'améliora sensiblement en quelques jours et, quant aux deux autres, l'un n'eut plus un seul accès, le second n'en subit qu'un seul très léger. Et cependant ces malades avaient pris en vain du sulfate de quinine.

Le Dr Maglieri obtint d'aussi beaux résultats en d'autres circon-

(1) *Gazzetta medica italiana*, 10 mars 1883.

stances : aussi n'hésite-t-il pas à considérer la décoction de citron comme au moins aussi efficace que la quinine. Elle aurait même l'avantage d'agir encore, nous venons de le voir, là où la quinine est infidèle. De plus, elle n'a point les inconvénients de l'alcaloïde du quinquina et, chose précieuse dans la thérapeutique des pauvres, elle coûte moins cher que lui.

On prépare la décoction en coupant un citron en menus morceaux, et en le faisant bouillir dans trois tasses d'eau jusqu'à réduction à une seule. On se servira pour cette opération d'un vase en terre, et on aura soin de filtrer le décocté à travers un linge. On le donnera au malade en une ou deux fois, quatre heures au moins avant le moment présumé de l'accès.

Un nouveau pain à l'usage des diabétiques. — D'après la théorie de Bouchardat, le diabète réclame un régime dont on doit exclure tous les féculents. Tout le monde connaît le pain de gluten mis en vogue par l'illustre hygiéniste. Mais il s'en faut de beaucoup que cet aliment et les contrefaçons dont il a été l'objet soient dépourvus de fécule. Birnbaum trouve 30 pour 100, et Boussingault 40 à 50 pour 100 de substances amylacées dans le pain de gluten de Bouchardat. Le pain de Carlsbad, le pain de Manheim, le pain de Neuenahr ont en commun le même inconvénient, et sont en général peu agréables au goût. Dahmen a cherché à enlever toute la fécule du pain des diabétiques, et voici le procédé auquel il a eu recours. Il se sert de gruau de froment dont il étend la farine sur une étamine en crin plongée pendant une heure et demie dans de l'eau froide qu'il agite fréquemment. Les grains de fécule passent en partie à travers le tamis. On arrose ensuite la masse restante avec un filet d'eau froide, et on pétrit la pâte entre les doigts jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule passe tout à fait claire. Cette opération a donc enlevé à la farine de gruau les grains de fécule suspendus dans l'eau et, avec eux, le sucre et la dextrine qui y étaient dissous. 165 grammes de la pâte obtenue sont ensuite mélangés à 1/3 de litre de lait aigri, et on ajoute au mélange 125 grammes de beurre fondu, 10 œufs, du sel et du carbonate d'ammoniaque. On a ainsi un pain dont la composition répond bien à la théorie de Bouchardat. Il pourra donc convenir à une certaine catégorie de diabétiques : nous savons, du reste, que le traitement alimentaire n'est pas toujours de rigueur pour combattre le diabète (1).

(1) *Bulletin de thérapeutique.*

Le café au point de vue alimentaire. — On est loin d'être fixé sur la valeur du café considéré comme aliment ou, du moins, comme modificateur de la nutrition (2). Rabuteau, dans son traité de thérapeutique (3), le regarde comme un agent d'épargne, comme un modérateur de la nutrition. Il rappelle à l'appui de son opinion les observations de Gasparin et les expériences de Jomand. D'après le premier de ces observateurs, si les mineurs du pays de Charleroi supportent des travaux musculaires pénibles, malgré leur alimentation pauvre en azote (14,82 grammes), c'est parce qu'ils prennent chaque jour deux litres d'une infusion faite avec 30 grammes de café. Nous ne contredirons point ces données, mais nous ne pouvons point, sans de grandes réserves, en accepter la corrélation. Et pourtant elle semble confirmée par une expérience que Jomand a faite sur lui-même. Dans une thèse publiée en 1860, il déclare qu'après avoir pris 120 grammes de café en poudre et trois litres d'infusion faite avec 200 grammes de divers cafés, il a pu supporter un jeûne absolu de sept jours consécutifs. Il avait cependant vaqué pendant ce temps à ses affaires habituelles, et s'était livré à un exercice musculaire plus qu'ordinaire. Un peu de fatigue, un léger amaigrissement furent les seuls inconvénients de cette abstinence prolongée.

Après une pareille expérience, il semble que la question soit jugée, et que le café soit réellement un aliment d'épargne. Nous devons dire pourtant que Rabuteau ne nous donne pas la quantité d'urée (3) excrétée chaque jour, et qu'il se borne à constater que la sécrétion de la sueur fut considérablement diminuée, et que le poids quotidien de l'urine s'élevait à 500 grammes seulement, quelle que fût la quantité d'eau ajoutée au café. En cette circonstance, l'absence de chiffres précis constitue une lacune regrettable. Il est vrai qu'étudiant à un autre endroit l'action physiologique de la caféine, principe actif principal du café, il rapporte l'expérience faite par Eustratiadès, en citant les chiffres obtenus pour le dosage de l'urée. Inutile de dire que, pendant la durée de l'expérience, le régime de chaque semaine était resté sensiblement le même.

(1) Nous avons surtout en vue le café torréfié.

(2) *Éléments de thérapeutique et de pharmacologie.* Paris, 1873.

(3) L'urée est un composé que l'on considère en physiologie comme le résultat final des transformations que subissent les substances azotées dans l'organisme.

Voici les chiffres trouvés par Rabuteau lui-même :

		quantité d'urine	quantité d'urée
1re semaine,	pas de caféine	917 gr.	22 gr. 06
2e «	15 centig. de caféine par jour	881 gr.	19 gr. 81
3e «	pas de caféine	921 gr.	21 gr. 34
4e «	30 centig. de caféine par jour	926 gr.	17 gr. 26
5e «	pas de caféine	930 gr.	24 gr. 02

Ces résultats paraissent concluants. Cependant nous voyons le docteur Fort, de Rio Janeiro (1), admettre, après des expériences faites sur lui-même, que le café agit spécialement sur le système nerveux en l'excitant et que, loin d'être un agent d'épargne, il devrait être plutôt considéré comme augmentant les dépenses de l'organisme.

Fonssagrives, dans le *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, partage l'opinion de Rabuteau et considère le café comme un aliment qui empêche ou retarde la dénutrition (2).

Au sujet du traitement des maladies du cœur par la caféine, M. Peter nous dit que son opinion n'est point faite sur l'action de cet alcaloïde, et il donne un extrait d'un article de M. Huchard dans l'*Union médicale*. Nous le reproduisons à notre tour :

« Lehmann et Liebig admettent que la caféine augmente la sécrétion de l'urée, tandis que Boecker et Rabuteau pensent qu'elle la diminue. Pour Binz et Peretti, la caféine augmenterait la température ; pour Steward et Sève, elle l'abaisserait. Pour Nothnagel et Rossbach, la sécrétion urinaire ne serait pas activée, il n'y aurait que les besoins d'uriner qui deviendraient plus fréquents (3). »

De nouvelles recherches doivent donc être faites pour nous guider au milieu de tant de contradictions. Nous trouvons dans le *Journal des sciences médicales et naturelles de Bruxelles*, août 1883, un article qu'il emprunte lui-même au *Journal de pharmacie et de chimie*, et qui nous paraît mériter l'attention par la rigueur des expériences auxquelles il est consacré. C'est cet article qui nous a engagé à revoir l'opinion de nos auteurs sur la valeur nutritive du café.

Le docteur Guimaraes enferme dans des cages spéciales des chiens de 5 à 8 kilogrammes. Il les soumet pendant quelques jours à un régime exclusif de viande de bœuf et d'eau. Les urines et les fèces sont soigneusement recueillies.

(1) *Bulletin général de thérapeutique médicale et chirurgicale.*
(2) Voy. art. *Café*, p. 504.
(3) *Scalpel*, 23 septembre 1883.

Ensuite, pendant huit à dix jours et deux fois par jour, on injecte dans leur estomac une infusion de café, la même pour chaque chien, mais variable d'une expérience à l'autre. Cinq chiens condamnés à prendre 200 à 300 grammes d'infusion, mais non privés de viande, refusèrent de s'alimenter et succombèrent au bout de cinq à neuf jours, après avoir perdu de leur poids 35 à 45 grammes par kilogramme et par jour. Ils présentèrent des phénomènes d'intoxication et, à l'autopsie, des lésions des principaux organes.

Dans une autre série d'expériences, l'auteur partagea ses chiens en deux catégories. A tous, il refusa la nourriture ; seulement, aux uns il donna de l'eau pure, aux autres, 80 à 100 grammes de forte infusion de café. Les chiens soumis au régime de l'eau pure moururent en 24 à 34 jours, après avoir perdu 15 à 17 grammes de leur poids par kilogramme et par jour. Les chiens qui prirent du café succombèrent en 13 à 15 jours, avec une perte de 28 à 33 grammes par kilogramme et par jour.

Ces données, tout intéressantes qu'elles sont, diffèrent trop des conditions ordinaires de notre régime pour permettre des conclusions qui nous soient applicables. A cet égard, la troisième série d'expériences nous donnera des renseignements plus sûrs. Dans celle-ci, six animaux mangent de la viande à volonté et reçoivent quotidiennement, pendant neuf jours, 80 grammes d'infusion de café. Les trois ou quatre premiers jours, les chiens perdent de 100 à 400 grammes, mais l'appétit reste le même. A partir de ce moment, de 300 à 500 grammes de viande, la ration doit être portée à 600 et 900 grammes. En un mot, les quatre derniers jours, la quantité de viande doit être accrue au minimum de un tiers à deux cinquièmes. L'animal regagne alors son poids, il le dépasse même, dans quelques cas, de plusieurs centaines de grammes.

Il en résulte pour M. Guimaraes que, dans tous les cas, le café augmente le mouvement de désassimilation ; mais qu'en donnant au sujet en expérience les aliments à satiété, le travail d'assimilation ne tarde pas à prendre le dessus. Le café stimule toutes les fonctions, surtout celles du système nerveux ; mais, loin d'être un aliment d'épargne, il accroît au contraire les dépenses de l'organisme.

Nous sommes tout disposé à admettre l'opinion de M. Guimaraes, sans croire toutefois que les résultats obtenus sur les animaux doivent être nécessairement identiques à ceux que l'on observe chez l'homme. Nous pensons même qu'il en est de la caféine et du café comme de beaucoup d'autres médicaments, c'est-à-dire qu'ils ne produisent pas

chez tous les mêmes effets. Mais nous croyons les conclusions de M. Guimaraes pour le moins aussi légitimes que celles qui font du café un agent modérateur de la désassimilation. De faits personnels, nous n'en pouvons citer de bien précis et de complètement analysés. Mais nous connaissons beaucoup d'exemples où, sous l'influence d'une alimentation abondante, moyennement et presque toujours identiquement la même, une infusion concentrée de 30 à 40 grammes de café n'a point paru jouer le rôle d'agent modérateur de la dénutrition. Bien plus, l'appétit étant également satisfaisant aux deux principaux repas de la journée, le besoin d'aliments se faisait sentir beaucoup plus vite après le repas que l'on avait arrosé d'un bon café. Dans tous les cas, l'action du café sur le système nerveux était évidente et, pour n'en citer qu'une preuve, l'heure du sommeil en était manifestement retardée.

Notre opinion peut être erronée, et c'est pour la voir mieux établie ou tout à fait renversée que nous désirons vivement de nouvelles recherches sur l'action physiologique du café. Et en cela nous ne nous laissons point guider par un vain motif de satisfaction personnelle. Le café rencontre en thérapeutique d'assez fréquentes indications. S'il est réellement un aliment d'épargne, il sera administré fort à propos aux malades atteints de fièvre typhoïde, par exemple. S'il augmente au contraire le mouvement de dénutrition, sera-ce le cas de le donner dans une maladie qui s'accompagne d'une intense consomption?

Action antiseptique des sels de cuivre. — La possibilité de l'invasion du choléra en Europe a fait prendre de tous côtés des mesures préventives contre le fléau. On a fait à ce sujet la critique de tous les antiseptiques, et, considérés sous ce rapport, les sels de cuivre semblent avoir profité de la faveur qui les fait regarder comme inoffensifs au point de vue alimentaire. On ne les considère plus comme des poisons, et on les regarde comme des antiseptiques de premier ordre. Si l'on n'a peut-être pas tort dans le premier cas, il s'en faut pourtant que leur vertu préservatrice contre les maladies contagieuses soit incontestée.

Dans la séance du 18 septembre 1883 (1), à l'Académie de médecine de Paris, M. Bochefontaine constata que des solutions de sulfate de cuivre à 1 p. c. n'empêchent pas le développement des spores de mucédinées, mais bien celui des vibroniens, et que des injections hypodermiques du même liquide n'arrêtent pas chez les cobayes la pullulation des germes du charbon. Il croit en outre que le cuivre est impuissant contre le choléra.

(1) V. *Bulletin de l'Académie.*

A la séance suivante, M. Bouley communiqua une note de M. le Dr Miquel. Pour ce savant, le cuivre, comme antiseptique, est supérieur à tous les métaux et aux divers acides préconisés jusqu'ici, et c'est avec raison qu'on doit l'employer contre le développement des bactéries.

Quoi qu'il en soit, gardons-nous d'une confiance aveugle dans les propriétés antiseptiques du cuivre. Le jeune et malheureux Thuillier, mort du choléra à Alexandrie, avait avant son départ suivi un traitement prophylactique dont le cuivre faisait les principaux frais. Pour mieux en subir l'influence, il s'était soumis vis-à-vis du métal à un véritable entraînement.

Dr Dumont.

ZOOLOGIE.

La poche du noir des Céphalopodes, d'après M. Girod (1). — La poche du noir a certainement contribué à rendre célèbres les mollusques céphalopodes. Déjà Aristote savait que le poulpe, quand il est menacé, s'empresse d'en vider le contenu pour échapper aux yeux de son ennemi, grâce au trouble apporté ainsi à la transparence des eaux. Ce procédé doit réussir parfaitement, car la matière renfermée dans cet organe possède un pouvoir colorant tellement intense que le contenu d'une petite poche suffit à obscurcir l'eau de six grandes cuvettes.

Quant à la structure et à la signification de cet organe, les connaissances qu'on en avait étaient très incomplètes et souvent fausses. C'est seulement avec Cuvier qu'on acquiert quelques données positives, ce qui n'empêche pas que des naturalistes en font un auxiliaire du foie, et que d'autres, notamment Cuvier lui-même, le prennent pour un rein.

Pourtant l'étude chimique de la sépia, ou noir de la poche, aurait pu faire écarter l'une de ces interprétations. En effet, la sépia ne contient ni urée ni acide urique, ni guanine ; impossible par conséquent d'en faire un rein, et d'autre part, malgré l'adhérence de la poche du noir avec le foie, les deux organes sont parfaitement indépendants l'un de l'autre. Jusqu'ici, en somme, on ne peut lui accorder d'autre but que

(1) *Archives de zoologie expérimentale et générale*, n° 1, 1882.

la formation du pigment. Celui-ci contient jusqu'à 30 pour cent d'une substance insoluble dans l'eau et se rapprochant considérablement, par sa composition, de la matière pigmentaire des Vertébrés.

On a pensé aussi que cette liqueur contenait quelque substance toxique pouvant paralyser les animaux sur lesquels elle tombait, mais il n'en est rien. Toutefois, même dans l'attaque, le noir peut rendre des services au mollusque, en ce sens qu'il lui permet d'approcher sans être vu.

La petite Sépiole en fait un curieux usage. Un ennemi la poursuit : elle jette brusquement son noir et devient transparente, sans doute par l'action de ses chromatophores : or, l'encre qu'elle a jetée, au lieu de se mêler à l'eau, reste compacte et conserve une forme analogue à celle de la Sépiole. Trompé par cette apparence, l'ennemi se précipite sur la masse noire et laisse la Sépiole détaler.

M. Girod nous donne, outre cette observation, une étude anatomique achevée de l'organe. Celui-ci est situé sur la ligne médiane, très volumineux, piriforme ordinairement et facile à reconnaître grâce aux beaux reflets argentins que possède souvent son enveloppe. Il se distingue nettement en trois régions : au fond, une glande communiquant par un orifice étroit avec une cavité, laquelle en se rétrécissant finit par n'être plus qu'un canal longeant le rectum et aboutissant près de l'anus. Au voisinage de son extrémité, il porte intérieurement des replis valvulaires qui réduisent son calibre considérablement et au besoin totalement.

Dans la tunique enveloppant tout l'organe, signalons seulement l'existence de fibres musculaires qui, à l'extrémité du canal excréteur, se spécialisent pour constituer deux sphincters au niveau des valvules signalées ci-dessus. Ces éléments musculaires jouent un grand rôle dans la fonction de la poche.

Le tissu glandulaire proprement dit est spongieux ; ses aréoles sont remplies de la bouillie pigmentaire, et les lames de tissu qui les limitent portent les cellules sécrétoires. Celles-ci possèdent plusieurs aspects, qui permettent de concevoir comment s'élabore le pigment. En effet, à côté des cellules normales, il s'en trouve qui contiennent des granulations noires éparses ; le nombre de celles-ci s'accentue à mesure que l'on s'approche de la périphérie de la glande ; les granulations se condensent dans une extrémité des cellules ; celles-ci finissent par éclater, et leurs débris mélangés aux grains de pigment constituent la sépia.

Une fois formée, la sépia passe d'une façon continue et uniforme

dans le réservoir et, quand il est gorgé de noir, s'écoule avec intermittence par le canal excréteur, aboutissant au dehors par suite d'un mouvement violent d'expiration, de nature réflexe probablement.

Le procédé opératoire de la sangsue (1). — Pour étudier ce point de physiologie en apparence si simple, M. Carlet s'est servi de feuilles de papier enduites de noir de fumée sur lesquelles la marche de la sangsue s'inscrivait en quelque sorte. L'annélide, après avoir fixé la ventouse postérieure, tâtonnait comme pour explorer le terrain avant de fixer la ventouse antérieure. Or les différentes impressions blanches produites par les contacts indiquaient quels étaient les organes qui participaient à la fixation.

Et d'abord la ventouse postérieure, si on la détache rapidement quand elle vient seulement de se poser, a déjà produit sur le papier une zone annulaire blanche enfermant un cercle noir ; si au contraire on ne soulève la sangsue qu'un peu après sa fixation, le cercle noir lui-même a disparu. Il faut donc admettre que c'est le bord de la ventouse et non le centre qui s'est abaissé en premier lieu.

Quant à la ventouse antérieure, elle donne quatre figures différentes selon qu'on soulève la sangsue à des intervalles de temps de plus en plus éloignés du début de la fixation. En premier lieu, le papier porte deux arcs blancs qui tendent à se toucher : un peu plus tard, les deux arcs se sont rencontrés, déterminant ainsi un angle dont l'ouverture est postérieure : enfin on obtient successivement un triangle à côtés blancs et à surface noire, et un cercle complètement blanc.

Il suffit de connaître superficiellement la composition de la bouche de la sangsue, pour se rendre compte de ces différents aspects. Avant tout, les deux lèvres latérales se sont abaissées pour explorer, puis la lèvre supérieure, ensuite la lèvre inférieure ; enfin l'œsophage est descendu entre les lèvres.

La façon dont s'opère la succion se constatera aisément en appliquant les sangsues sur la peau préalablement rasée d'un lapin. Si l'on détache une sangsue au moment même où elle vient de s'établir, on verra trois lignes convergentes creusées dans l'épiderme ; laisse-t-on la sangsue mordre un peu plus longtemps, la blessure sera devenue triangulaire. Pour effectuer la première morsure, les trois mâchoires avaient dû s'écarter, tandis que la deuxième a exigé leur rapprochement. D'autre part, en s'écartant les mâchoires ont attiré l'œsophage chacune de leur côté et l'ont par conséquent élargi, du moins à son

(1) *Revue scientifique*, n° 7, 1883.

ouverture : le vide qui en résultait s'est naturellement rempli de sang, lequel a été ensuite chassé vers l'estomac quand les mâchoires en se relevant se sont rapprochées l'une de l'autre, ce qu'elles ne peuvent faire qu'en rétrécissant l'œsophage.

De l'application de l'entomologie à la médecine légale (1). — Les cadavres abandonnés à l'air libre deviennent la proie de nombreux maraudeurs ; or on constate que ceux-ci, loin d'arriver tous en même temps, ont en quelque sorte leur période propre pour chaque groupe. A ne considérer, par exemple, que les Articulés, la première année serait réservée aux Diptères sarcophages, dont le nom indique assez les habitudes. Leurs larves font disparaître tous les liquides de l'organisme. L'année suivante le cadavre, réduit à ses parties sèches, sera exploité par les Dermestes, les Anthrènes et les Acariens sarcophages, lesquels s'attaquent aux muscles, aux tendons et aux ligaments.

Comme bien on pense, ces êtres ne sont pas sans laisser des traces de leur passage : téguments, déjections et dépouilles des âges successifs. Ne pourrait-on pas, pour la nature de ces dépouilles et surtout par la connaissance du temps exigé par les différentes métamorphoses des Articulés énumérés plus haut, calculer avec assez d'exactitude la date à laquelle remonte le cadavre ? Toujours est-il que M. Mégnin, l'auteur de cette communication, a déjà rencontré deux fois le cas dans sa pratique, et l'avis qu'il a émis a été chaque fois confirmé par l'aveu des coupables. L'un des cadavres examinés contenait seulement des Diptères, à peine quelques Dermestes, tandis que l'autre abritait déjà Anthrènes, Acariens et Dermestes. Dès lors il était évident que celui-ci datait au moins de deux ans, et l'autre d'un an environ.

L'origine du cheval (2). — Nous avons, ici même, en janvier 1883, exposé les idées de M. Huxley au sujet de l'évolution des Vertébrés. Aujourd'hui nous résumons un travail de M. J.-L. Wortmann, fait dans le même sens, mais plus restreint : l'évolution des Ongulés vers le cheval. Ce travail est aussi hypothétique que l'était celui de M. Huxley.

C'est à partir de l'éocène inférieur et moyen qu'on trouve des animaux ongulés, c'est-à-dire munis de sabots. Mais, contrairement au cheval, ils avaient le pied pentadactyle et plantigrade : le cubitus et le radius, le tibia et le péroné étaient parfaitement indépendants, etc.

Toutes ces différences, si notables pourtant, disparaissent par suite

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences* de Paris, n° 20, t. XCVI.
(2) *Revue scientifique*, n° 23, 1883.

de modifications apportées au nombre des doigts, aux rapports mutuels de certains os et à la nature des dents molaires.

Ainsi, dans l'éocène supérieur, apparaît la famille des Lophiodontes ; les doigts des membres antérieurs sont encore au nombre de quatre, et les membres postérieurs n'en comptent plus que trois.

Les Chalicothéridés n'ont pas changé au point de vue des doigts, mais les dents commencent à évoluer.

Chez les plus anciens Ongulés, les dents molaires possédaient des tubercules peu saillants et émoussés ; ils étaient donc omnivores et habitaient vraisemblablement les bois et les marais. Au contraire, les Ongulés actuels sont herbivores ; la face triturante de leurs molaires porte des replis compliqués formés par des plaques d'émail.

Le miocène est l'âge où dominent les Palæothéridés, dont chaque pied possède trois doigts seulement et dont les molaires inférieures portent déjà un double croissant. A partir de l'Anchitherium du miocène moyen et inférieur, le péroné d'une part et le cubitus d'autre part commencent à devenir grêles et à se souder respectivement au tibia et au péroné ; de plus, le crâne de l'Anchitherium a une forme équine manifeste.

Dans la couche géologique immédiatement supérieure, se trouvent les débris de l'Hippotherium qui avait les doigts externes considérablement réduits ; la soudure était déjà partielle pour le péroné et le cubitus. La réduction et l'effacement presque complet des doigts externes, la soudure et la disparition des moitiés inférieures du péroné et du cubitus s'achèvent dans un dernier genre intermédiaire, le Protohippus, qui, par de légères différences dentaires, se place à égale distance de l'Hippotherium et des Équidés contemporains.

On se demandera probablement si ces variations, très simples sur le papier, s'expliquent au moins par quelque influence naturelle. M. Wortmann répond affirmativement. Les premiers Ongulés, avons-nous dit, habitaient les marais (Taxéopodes et suivants). Une multiplication des carnivores ou bien un changement de climat vient-il à les en chasser, ils n'ont plus qu'à se répandre dans les plaines. Là, ce ne sera plus en se cachant qu'ils pourront se défendre, mais en fuyant, et comme un pied pentadactyle est loin d'être avantageux pour la course, la lutte pour la vie produira insensiblement des membres solipèdes, tels que ceux du cheval. En même temps, ils auront dû changer de nourriture et devenir herbivores, ce qui provoque une adaptation des dents parallèle à celle des membres.

Le tableau suivant emprunté à M. Wortmann montre les ancêtres du cheval, avec leur répartition géologique :

ÉPOQUES.		Taxéopodes.	Lophiodontes.	Chalicothéridés	Palæothéridés.	Équidés.
Récente.		.....	.....	.....	.....	———
Pliocène.		.....	.....	.....	———	———
Miocène.	supérieur.	.....	.....	———	———	———
	moyen.	.....	.....	———	———	.....
	inférieur.	.....	.....	———	———	.....
Éocène.	supérieur.	.....	———	.....	.....	.....
	moyen.	———	———	.....	.....	.....
	inférieur.	———	.....	.....	.....	.....

L'Iguanodon de Bernissart (1). Nous ne voulons pas tarder plus longtemps à vulgariser l'opinion des spécialistes sur cet immense fossile. Cette tâche nous sera facilitée par les notes très intéressantes que M. Dollo, aide-naturaliste au Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles, publie en ce moment. Chargé par la direction du musée de l'étude des ossements de Bernissart, il peut nous en parler avec autorité.

En 1878, à la profondeur de trois cent vingt-deux mètres, on découvrit une énorme quantité d'ossements, gisant dans une crevasse du terrain houiller qui avait été remplie par un éboulis de l'étage wealdien du terrrain crétacé, étage constitué surtout par des sables et des argiles, et qui a dû se déposer dans l'eau douce. Grâce à l'administration et à la direction du charbonnage, le personnel du Musée, conduit par son habile contrôleur M. De Pauw, put mettre ces trouvailles en lieu sûr.

Ce ne fut pas une petite affaire. Avant de remonter les os, il fallait leur rendre leur cohérence primitive au moyen de colle bouillante, puis les consolider par une gangue de plâtre ; après cela seulement on put les extraire, en trois ans de travail ; une fois dans les caves du Musée, les ossements durent être débarrassés de leur plâtre par le ciseau, en respectant soigneusement la surface qui donne tant d'utiles indications. Des vingt-deux individus extraits, il y en a déjà quinze qui sont préparés.

(1) *Bulletin du Musée royal d'histoire naturelle*, 1883, t. I et II.

Le premier fait qui frappa les naturalistes, ce fut la présence de deux formes bien distinctes, l'une longue de six mètres seulement, l'autre atteignant dix mètres du museau à l'extrémité de la queue. Cet écart aurait pu être attribué à l'influence de l'âge ou du sexe, s'il avait été le seul ; mais M. Dollo relève en outre des différences dans chaque région, dans chaque os, et conclut qu'on se trouve en présence de deux espèces distinctes.

Tous les individus de la petite forme appartiennent à une espèce connue antérieurement, *Iguanodon Mantelli ;* quant aux grands individus, ils doivent constituer une espèce nouvelle *I. Bernissartensis*, (Boulanger).

Le genre Iguanodon appartient aux reptiles Dinosauriens ; géographiquement, il vivait en Angleterre, en Belgique, dans le nord de la France, en Allemagne et en Autriche ; ses différentes espèces ont vécu depuis les étages supérieurs du jurassique jusqu'à la base du crétacé supérieur.

M. Dollo consacre une première notice au sternum des Dinosauriens. Il en résulterait qu'on ne peut le comparer à celui d'aucun autre reptile, vivant ou fossile. Fait qui étonnera beaucoup de personnes, la disposition qui s'en rapproche le plus a été observée chez un jeune Vanneau. De tels rapprochements ne sont d'ailleurs pas accidentels : entre l'Iguanodon et les Oiseaux, les ressemblances ne se comptent pas. C'est même ce qui décide M. Dollo, d'accord avec MM. Cope, Gegenbaur, Huxley, Marsh, Hulke, Morse, Seeley et Vogt, c'est-à-dire, avec presque tous les savants qui se sont occupés du sujet, à donner à l'Iguanodon la station bipède des oiseaux. Seul, Owen plaide pour l'attitude horizontale. Avec sa grande autorité en paléontologie, M. Owen a soulevé de graves objections contre l'hypothèse signalée tout à l'heure, et qui avait été défendue jusqu'ici surtout par M. Huxley ; toutefois, il semble qu'elles doivent disparaître définitivement ; car M. Dollo, profitant de l'avantage que lui donnent le grand nombre et le parfait état de conservation de ses matériaux, produit des arguments péremptoires qui manquaient à M. Huxley.

La possibilité de la station droite est démontrée par la concordance qui existe entre le bassin et les membres postérieurs des oiseaux et les parties correspondantes de l'Iguanodon, concordance qui s'observe dans chaque os en particulier, on pourrait même ajouter sans exagération, dans chaque détail de chaque os. Comme exemple, nous nous bornerons à dire que le fémur du Dinosaurien correspond entièrement à celui des oiseaux, tandis que chez les reptiles actuels cet os s'en

éloigne beaucoup. Un détail toutefois manquait pour rendre absolu ce rapprochement : l'Iguanodon porte sur le milieu de la diaphyse fémurienne une forte crête, appelée *troisième trochanter*, qu'on n'avait jamais signalée chez les oiseaux. Or M. Dollo, encouragé par les nombreuses ressemblances qu'il avait déjà trouvées, a fait une revision de tous les squelettes d'oiseaux du Musée, et il a retrouvé la même disposition chez le Canard, le Cygne et la Bernache. Ce fait n'a pas seulement une valeur anatomique ; il nous donne de plus une indication sur le genre de vie de l'Iguanodon. En effet, chez les oiseaux mentionnés tout à l'heure, les muscles qui viennent s'insérer sur le troisième trochanter servent à produire les mouvements latéraux de la queue pendant la natation. Par conséquent, rien de plus légitime que d'attribuer la même fonction à la crête du fémur de l'Iguanodon : ce troisième trochanter nous apprendrait donc que l'Iguanodon nageait.

Le fémur fournit une différence qui ne réside ni dans la forme ni dans l'état de la surface de l'os, et qu'on ne peut pas interpréter aussi facilement. Il est plus long que le tibia, disposition absolument inverse de ce que présentent toujours les oiseaux. Pourtant la station bipède est encore admissible malgré cette disposition, parce que celle-ci est corrigée par la présence d'une énorme queue, qui apporte un contrepoids favorable.

En résumé, la physionomie du membre postérieur de l'Iguanodon est tellement aviennne que M. Huxley n'a pas craint d'écrire : « Si nous supposons que le train d'arrière, de l'ilium à l'extrémité des orteils, d'un jeune Poulet ait été subitement amené à l'énorme volume qui caractérise les Dinosauriens, qu'il ait été ossifié puis fossilisé, aucun de ses caractères ne nous autoriserait à le séparer de la partie correspondante de ces gigantesques reptiles. »

La région antérieure du corps concourt tout aussi puissamment à permettre la station bipède. La tête est petite (proportionnellement) comme chez l'oiseau : le cou est grêle et long, peu lourd par conséquent ; le thorax est relativement court et rejeté vers le bassin, toujours comme chez l'oiseau.

Outre ces motifs puisés dans une analyse sagace du squelette, il en existe un autre plus convaincant encore. On a trouvé des empreintes dans le terrain wealdien, et il a été incontestablement établi qu'elles appartenaient à l'Iguanodon : or toutes étaient tridactyles ; après vérification, on voyait que les trois doigts du membre postérieur de l'Iguanodon y entraient parfaitement. Les membres antérieurs auraient laissé des empreintes pentadactyles, et jamais on n'en a

recueilli de telles. L'Iguanodon ne se servait donc pas des membres antérieurs dans sa marche.

D'ailleurs ces membres ne peuvent plus s'appeler des pieds, car ils ont subi une réduction notable de longueur et de volume : ils ont conservé un grand nombre de doigts et, tandis que les phalanges des membres postérieurs sont entourées de sabots, c'est un éperon que l'on trouve aux membres antérieurs. Or un tel ensemble de modifications ne se rencontre jamais chez un animal, à moins qu'il ne soit bipède.

Il est probable qu'au moyen de ce terrible éperon, l'Iguanodon se défendait avec avantage contre de puissants ennemis.

Il ne faudrait pourtant pas conclure de ces grandes ressemblances ostéologiques que l'Iguanodon fût un animal aérien. M. Dollo, de même que M. Owen, lui attribue une vie aquatique, ou du moins amphibie, analogue à celle du crocodile. En effet, comme chez ce saurien, la queue devait lui constituer un puissant organe de propulsion dans l'eau ; nous avons vu de plus que son fémur était adapté à la natation ; tous les ossements d'Iguanodon ont été découverts dans des dépôts fluviatiles ou marécageux ; et enfin on a signalé sur certaines empreintes de fines traces de palmure, comme en laisseraient des nageoires.

D'autres points de la physiologie de l'Iguanodon ont pu être rétablis par l'étude de son squelette. Son alimentation était végétale, et l'étroitesse du bassin fait croire qu'il était ovipare.

En résumé, l'Iguanodon est un reptile dinosaurien, possédant des affinités franchement aviennes, amphibie, herbivore et pouvant se tenir droit à la façon du kangouroo.

A. Buisseret.

SCIENCES INDUSTRIELLES.

Traitement des minerais de cuivre par le procédé Manhès. — Dans la livraison d'octobre 1882, nous avons décrit au point de vue technique la méthode de traitement du cuivre au convertisseur, imaginée par M. Manhès. Voici quelques renseignements économiques sur cette méthode.

Dans l'ancien procédé, ou méthode anglaise, par fontes et grillages multiples, la consommation de charbon est de 18 tonnes environ par tonne de cuivre produit, avec des minerais d'une teneur moyenne de 10 p. c. L'installation nécessaire pour une production annuelle de 1100 à 1200 tonnes de cuivre comprend au moins 6 fours de grillage et 12 fours de fusion. Le traitement comporte 6 à 8 opérations de fusion et de grillage successifs. Les frais de main-d'œuvre s'élèvent à 70 fr. par tonne de cuivre obtenu. La dépense en produits réfractaires est très grande. Le stock des matières en travail et, partant, le capital immobilisé sont considérables. Le prix de revient total du traitement varie de 290 à 370 francs par tonne de métal produit.

Dans le procédé Manhès, inauguré à l'usine d'Éguilles (Vaucluse), le traitement se réduit, comme on sait, à 2 opérations qui s'exécutent très rapidement : fonte crue du minerai dans un demi haut-fourneau, et traitement direct au convertisseur de la matte obtenue. Pour une production annuelle de 1200 à 1500 tonnes de cuivre, le matériel ne comprend que 2 demi hauts-fourneaux, 2 cubilots, et 3 convertisseurs (dont 1 seul en marche). La consommation de combustible est de 2 1/2 tonnes par tonne de cuivre produit. Les frais de main-d'œuvre ne dépassent pas 40 fr. La dépense en produits réfractaires n'est pas la moitié de celle que comporte la méthode anglaise. Enfin le capital immobilisé dans le stock de matières en travail est très restreint. Le prix de revient total ne dépasse pas 140 à 170 francs par tonne, malgré le prix relativement élevé du combustible rendu à Éguilles (3 fois plus cher qu'à Swansea).

Avant l'invention du procédé Manhès, le traitement des minerais de cuivre se concentrait forcément dans les pays où le combustible est à bon marché, comme à Liverpool et à Swansea. Cette industrie pourra désormais se développer dans des contrées moins favorisées sous ce rapport, et notamment dans celles où il existe des mines de cuivre (1).

Le sel gemme et le pétrole en Roumanie. — Les chaînes de montagnes (Alpes Transylvaniennes, monts Carpathes) qui bornent la Roumanie au nord-ouest, sont formées principalement, dans leur partie occidentale, de granite, gneiss, schiste et calcaire cristallins ; dans leur partie orientale, de grès et schistes parfois bitumineux et pétrolifères, constituant une formation intermédiaire entre le crétacé supérieur et l'éocène inférieur. Parallèlement à cette chaîne de mon-

(1) *Bulletin de la Société d'encouragement*, octobre 1883.

tagnes s'étend, sur leurs flancs méridionaux et orientaux, une série de collines tertiaires miocènes formées de conglomérats, grès argileux, argile, sable et marne, avec des gisements de gypse, de sel gemme, de charbon et de pétrole.

Longtemps interrompus, les travaux d'exploitation des mines de sel gemme ont été repris en 1831 pour le compte du gouvernement. En 1879-1880, elles ont donné au Trésor roumain un revenu de 5 117 825 francs, dont 4 millions environ provenant de la consommation intérieure. En 1880-1881, le revenu a dépassé 6 millions. Les 4 mines principales sont celles de Ocna-Valzea, Doftana, Slanik, et Tirgul-Ocna. L'exportation par le port de Giurgewo, principalement pour la Serbie et la Bulgarie, a été en 1880 de 6300 tonnes. La mine de Tirgul-Ocna (Moldavie) produit annuellement près de 13 000 tonnes, qui sont expédiées à la station de Roman, sur le chemin de fer de Lemberg-Jassy. A Ocna-Valzea (petite Valachie), on emploie 1000 à 1100 ouvriers, parmi lesquels environ 300 condamnés ; la production est d'environ 7000 tonnes, représentant une valeur de près de 4 millions de francs. Il n'existe pas encore en Roumanie d'industrie chimique utilisant le sel comme matière première.

Ce n'est que depuis une cinquantaine d'années que l'on a reconnu en Roumanie l'existence de gisements d'asphalte et de sources de pétrole ; et c'est à partir de 1857 seulement que l'on a commencé à distiller celui-ci pour en extraire l'huile minérale. Les principales exploitations sont celles des environs de Bakeu (station du chemin de fer de Jassy-Lemberg). Les puits ont en général une profondeur de 50 à 70 mètres ; ils atteignent parfois 120 mètres. Le pétrole est puisé dans ces puits à l'aide de baquets, suspendus à une poulie par une corde qu'actionne le va-et-vient d'un cheval ; on n'emploie encore dans ce district ni manèges, ni pompes. Le prix de revient de l'huile brute ainsi extraite est de 9 à 10 francs les 100 kilos, la main-d'œuvre étant comptée à raison de 1 franc par homme et par jour. Le tiers du produit brut est généralement alloué au propriétaire du sol à titre de redevance : les 2/3 restants constituent la part de l'entrepreneur. L'huile de Moldavie est noirâtre, contient très peu de paraffine et conserve sa fluidité jusqu'à — 20° C. Son poids spécifique à l'état brut est de 1.307. Il y a dans le district une douzaine de raffineries, qui retirent de 100 parties d'huile brute environ 35.8 parties de pétrole de 1re qualité, 30.1 parties de 2e qualité, 17.6 de goudron, et 16.5 de résidu. La production totale pour toute la Moldavie a été en 1877 de 7000 tonnes environ. En Valachie, les sources les plus importantes

sont situées aux environs de Monteoru et de Ploiesti. L'huile est rencontrée à une profondeur de 80 à 140 mètres. On l'extrait le plus souvent encore par des puits de l'ancien système, à l'aide de baquets mus par un cabestan à bras. Le pétrole de Valachie est lourd et contient beaucoup de paraffine. Au raffinage, il donne 40 parties de 1e qualité, 20 de 2e, 22.5 de paraffine et 1.75 de résidu. La production totale du pétrole brut dans cette province peut être estimée à 3500 tonnes environ (1).

Le chauffage industriel. — Les conditions générales d'un bon chauffage sont : combustion aussi complète que possible, admission d'air minima, utilisation des flammes perdues, perte minima à travers les parois, économie de main-d'œuvre et rapidité de l'opération.

On distingue, au point de vue pratique du chauffage, la combustion à l'air libre, la combustion sur grille, directe ou par distillation, et enfin la combustion à l'aide de gazogènes.

Dans la combustion à l'air libre, les matières volatiles comme les matières fixes du combustible sont totalement brûlées, la quantité d'air étant toujours plus que suffisante. C'est dans ces conditions que s'effectuent le grillage à l'air libre et le chauffage des appartements au moyen de feux ouverts.

Dans la combustion sur grille ordinaire, une partie du combustible s'échappe dans la cheminée à l'état d'oxyde de carbone, et la combustion est incomplète : à moins que l'épaisseur de combustible ne soit très mince, ou qu'il n'y ait un grand excès d'air. Le chauffage sur grille par distillation a pour objet d'atténuer cet inconvénient. Parmi les appareils disposés en vue de remplir cet objet, il y a d'abord les grilles à gradins : le gaz qui distille vers le haut est amené à la partie inférieure de la grille sur du coke incandescent que traverse facilement le courant d'air, et la combustion est ainsi plus complète. Un autre appareil plus perfectionné de chauffage par distillation a été imaginé par Yukes et Kaselowsky. Dans le système Price, la décomposition de la houille en coke et en matières volatiles ne s'effectue plus par un emprunt de chaleur au foyer même, mais par l'utilisation des chaleurs perdues du four : en outre l'air nécessaire à la combustion est préalablement échauffé à une température de 250° au contact des mêmes flammes perdues. Ce four est employé à l'arsenal de Woolwich pour la fusion de l'acier sur sole. Néanmoins il se forme toujours sur les grilles une certaine quantité d'oxyde de carbone qui s'échappe comme tel à la cheminée.

(1) *Iron.*

Par l'emploi des gazogènes, on transforme d'abord tout le combustible en gaz hydrocarburés et oxyde de carbone, gaz que l'on brûle ensuite, à une distance plus ou moins grande des générateurs, dans des fours ou des chambres spéciales, où afflue de l'air chauffé par les gaz perdus dans des régénérateurs ou récupérateurs. Avec les gazogènes ordinaires, des systèmes Siemens, Ponsard ou Bicheroux, la température de combustion obtenue est de 400° plus élevée que dans les fours à grille. Dans ce type de gazogènes, la distillation de la houille et la transformation du coke en oxyde de carbone se font dans la même enceinte. Il existe un four Siemens perfectionné, où la distillation s'effectue dans la partie supérieure du gazogène sous l'action de la chaleur communiquée à la houille à travers une paroi par les gaz qui se rendent à la chambre de combustion. Enfin, dans le gazogène Gröbe-Lürmann, cette distillation a lieu dans une chambre chauffée au contact des flammes perdues.

Ces derniers appareils réalisent donc toutes les conditions d'un bon chauffage, surtout lorsque celui-ci doit ou peut s'effectuer à haute température. Il est à noter du reste qu'indépendamment des conditions spéciales de l'opération à exécuter, il y a toujours avantage à employer de fortes températures : en effet la perte de chaleur occasionnée par la dissociation et la transmission à travers les parois du four est largement compensée par l'économie résultant de la bonne utilisation du combustible et des flammes perdues, ainsi que de la rapidité de l'échauffement et de l'augmentation de production (1).

Distribution d'eau d'Anvers. — Il y a à peine trois ans, la ville d'Anvers s'alimentait encore d'une eau généralement très impure, qu'elle retirait de puits ouverts dans les sables d'alluvion ou qu'elle puisait dans des canaux à ciel ouvert. L'eau des puits notamment était dans la plupart des cas contaminée par les infiltrations d'eaux ménagères à travers les parois des citernes en briques où ces eaux étaient recueillies ; en outre le degré hydrotimétrique en était ordinairement fort élevé.

On a remédié à cette situation en amenant à Anvers l'eau de la Nèthe convenablement purifiée.

La prise s'effectue à Waelhem, à 18 kilomètres au sud d'Anvers, près de la route d'Anvers à Malines. Pour éviter de puiser les eaux du Rupel refoulées par le flux, comme aussi celles du fond de la Nèthe,

(1) *Stahl und Esten.*

qui sont les unes et les autres de mauvaise qualité. on ne fait fonctionner les appareils élévatoires que 3 heures après la haute mer : et l'orifice du tuyau d'aspiration reste à 0^m12 au-dessus du niveau de l'étiage. Ce tuyau a un diamètre de 1^m05 : il se divise en 2 branches, desservant chacune un bassin de dépôt. Les bassins, creusés dans le sol avec des talus de 2/3 sur une profondeur utile de 1^m80, contiennent chacun un volume de 6000 mètres cubes. Les dépôts se réunissent dans un double fond : ils sont extraits à l'aide d'une pompe centrifuge.

Des bassins de dépôt, l'eau est élevée dans une première série de filtres au moyen de deux vis d'Airy, actionnées chacune par une machine à vapeur de la force de 12 chevaux effectifs, et puisant par une conduite dont l'extrémité est maintenue flottante au moyen de bouées. En hiver, on fait au besoin arriver dans l'eau élevée par les vis l'eau de condensation des machines et en outre une certaine quantité de vapeur, de façon à avoir une température minima de 2° C. et empêcher la formation de glace sur les filtres.

Les filtres sont établis au-dessus de la surface du sol. Les trois premiers sont composés de haut en bas de couches successives de sable de la Meuse (épaisseur 0^m60), de gravier fin (0^m075), et d'un mélange de 1 partie d'éponge de fer pour 3 parties de sable (0^m91 d'épaisseur). Cette dernière couche, qui est la véritable couche filtrante, a une superficie moyenne de 750 mètres carrés. L'éponge de fer constitue ici le principal agent de filtration. Le sable eût été insuffisant à ôter à l'eau de la Nèthe la couleur foncée et le goût désagréable que lui communique son passage sur des terrains tourbeux, comme aussi à lui enlever les matières terreuses très divisées qu'elle tient en suspension et qui altèrent sa limpidité. L'éponge de fer a le pouvoir de retenir les matières les plus ténues, d'enlever la coloration et les impuretés d'origine organique, d'abaisser le degré hydrotimétrique, et de détruire, au moins en grande partie, les germes organisés, tels que les bactéries de la putréfaction et même les germes spécifiques qui propagent les maladies infectieuses. Ce produit s'obtient par la fusion à basse température des minerais d'hématite. Il se compose d'oxyde de fer et de fer métallique, lesquels opèrent l'oxydation ou la réduction des substances organiques et la précipitation du carbonate de chaux. Après avoir traversé l'éponge de fer, l'eau est exposée à l'air libre pour lui rendre un goût agréable : puis elle passe sur une seconde série de filtres en sable, auxquels elle abandonne le carbonate de chaux et l'oxyde de fer entraînés mécaniquement. Cette seconde série se compose également

de trois filtres, établis à un niveau inférieur, et comprenant d'abord une couche filtrante supérieure de sable de la Meuse, d'une épaisseur de 0^m75 et d'une superficie de 900 mètres carrés ; puis une couche de 0^m075 de gravier fin, et une autre de 0^m30 de gros gravier. On fait passer par ces filtres, par journée de 24 heures, 5232 mètres cubes d'eau.

Des filtres, les eaux sont amenées par des collecteurs et une conduite générale dans deux réservoirs en fonte de 18 mètres de diamètre et 3 mètres de hauteur, et d'une contenance totale de 15 500 mètres cubes. Ces réservoirs sont recouverts d'une voûte en briques et d'une couche de terre végétale de 1^m80 d'épaisseur.

Une conduite amène l'eau des réservoirs au puisard des pompes. Celles-ci sont au nombre de 4 et fonctionnent constamment. Elles sont à piston plongeur, de 0^m56 de diamètre et 0^m825 de course : chaque double coup donne 215 litres. Elles foulent l'eau tour à tour et à des intervalles égaux, mues qu'elles sont par 4 machines à vapeur du système Compound, couplées 2 à 2 à angle droit et représentant chacune une force de 170 chevaux effectifs. Les conduites de refoulement se réunissent en une seule, de 0^m50 de diamètre, laquelle se dirige sur Anvers. Elle est enfoncée sur tout son parcours dans une couche de sable sec et recouverte de 1 mètre de terre. Il n'y a pas de château d'eau ; la vitesse de la machine, qui peut varier de $\frac{1}{2}$ à 22 tours par minute, est réglée d'après les besoins de la consommation. La pression dans le réseau de conduites établi à l'intérieur de la ville est constamment maintenue à 5 atmosphères.

L'approvisionnement est de 60 litres environ par jour et par habitant, et pourrait au besoin être porté à 150 litres. Les appareils alimentent aussi les navires et les établissements industriels. 1700 bouches sont consacrées à l'arrosage des rues et à l'extinction des incendies.

L'inauguration de cette distribution d'eau a eu lieu le 21 juin 1881. Les travaux ont été faits en 15 mois, et ont coûté 7 millions de francs, soit environ 40 francs par habitant (1).

De la responsabilité des patrons en matière d'accidents de fabrique. — Examinons rapidement quelles sont dans les divers pays les lois édictées sur cette matière.

En France, il n'existe encore aucune loi spéciale réglant cette question. Le code pénal et le code civil renferment toutefois des articles

(1) D'après un *Mémoire présenté à la Société des Ingénieurs civils anglais*, par M. William Anderson,

prévoyant les cas d'accidents ayant occasionné des blessures ou la mort. Il y a en outre deux lois spéciales concernant le travail des enfants dans les manufactures, lois qui fixent la durée des heures de travail et l'âge minimum, et interdisent d'employer les enfants dans certaines industries, et notamment dans les ateliers où les moteurs, roues, courroies, engrenages ou tout autre appareil, présentent une cause de danger qui aurait été constatée. En résumé, dans l'état actuel de la législation française, les tribunaux peuvent condamner le patron à des dommages-intérêts, si l'ouvrier victime d'un accident, ou ses ayants droit, prouvent que l'accident est le résultat d'une faute, imprudence ou négligence de la part du patron ou de ceux qui le représentent. Dans la pratique, surtout lorsqu'il s'agit d'une industrie dangereuse, il est d'usage d'admettre la responsabilité du patron, même sur une simple présomption de faute ou d'imprudence chez celui-ci, c'est-à-dire, lors même que l'accident est attribué à une circonstance imprévue ou à un fait indépendant de la volonté du patron. L'ouvrier, au tribunal, obtient facilement l'assistance judiciaire. La chambre française a été saisie dans ces derniers temps de divers projets de loi tendant à rendre encore plus absolue la responsabilité des patrons, et fixant le montant de l'indemnité à allouer.

En Suisse, l'ancienne loi, qui est encore en vigueur pour les chantiers de construction, admettait la responsabilité absolue du patron : celui-ci ne pouvait être acquitté que dans les cas de force majeure, d'actes criminels ou délictueux, ou de faute bien reconnue de l'ouvrier. Une nouvelle loi, s'appliquant spécialement aux fabriques, a été votée en 1881. Il y est stipulé que le maximum des indemnités à payer par le patron en cas d'accident sera de 6 fois le montant du salaire annuel de la victime, sans pouvoir jamais dépasser la somme de 6000 francs. Au cas où il y aurait une assurance contre les accidents, si le patron a participé au paiement des primes pour la moitié au moins, les sommes à recevoir de la compagnie d'assurances peuvent être portées en déduction de la somme à payer comme indemnité. Mais le patron est toujours considéré *à priori* comme responsable, non seulement de tous les accidents, mais encore des maladies jugées par le conseil fédéral comme engendrées par son industrie, lors même qu'il n'y aurait pas faute de sa part, et sauf les cas indiqués plus haut pour l'ancienne loi. Ajoutons que la législation suisse est toujours appliquée avec la plus grande rigueur.

La situation en Angleterre est la même à peu près qu'en France. Pour obtenir une indemnité en cas d'accident corporel, l'ouvrier doit

établir que l'accident a été causé par l'état défectueux de l'installation ou du matériel, état provenant de la négligence du patron ou de ses employés ; ou que cet accident est dû à un manque de surveillance, ou de prudence dans les ordres donnés : ou encore à une imperfection ou à une lacune dans les règlements, ces règlements n'ayant du reste pas été approuvés par un délégué du gouvernement. Le maximum de l'indemnité est fixé à trois années du salaire antérieur à l'accident ; et l'ouvrier touche en outre le montant de toute assurance qui aurait pu être contractée en sa faveur. L'accident fortuit n'est pas à la charge du patron. Les parties ont la faculté d'appel.

La législation allemande est incomplète ; elle ne vise que l'industrie extractive et l'exploitation des chemins de fer. En cas d'accident, c'est le patron qui doit prouver son irresponsabilité, en établissant qu'il y a eu cas fortuit, force majeure ou faute de la personne tuée ou blessée. L'indemnité est fixée arbitrairement par les tribunaux. Les sommes à recevoir des compagnies d'assurance peuvent venir en déduction de l'indemnité à payer par le patron, pourvu que celui-ci soit intervenu pour 1/3 au moins dans le paiement des primes. L'ouvrier a à sa charge tous les frais judiciaires qui le concernent personnellement. Il y a faculté d'appel. On s'occupe en ce moment au Reichstag d'une nouvelle loi concernant l'assistance ouvrière, aux termes de laquelle l'indemnité serait fixée sans frais, en premier ressort, par l'autorité administrative.

La législation autrichienne indique les mesures de prévoyance à prendre par le patron en faveur des ouvriers ; elle prescrit notamment de veiller à ce que les machines ou leurs parties, roues motrices, transmissions, arbres de couche, courroies ou autres, soient entourées ou pourvues d'enveloppes protectrices. La responsabilité du patron doit être établie par l'ouvrier. La cause est soumise d'abord à l'arbitrage du « Gewerbebehörde » ; et c'est seulement lorsqu'on n'y est pas parvenu à une transaction, et si la chose a du reste une certaine importance, que l'on admet l'intervention des tribunaux ordinaires. Ceux-ci fixent alors arbitrairement les indemnités à payer. En ce qui concerne les contrats d'assurance, la loi est la même qu'en Allemagne.

L'Italie en est seulement à l'étude de projets de loi : on admettrait la responsabilité du patron, même en ce qui concerne la santé des ouvriers, sauf pour les cas de force majeure, cas fortuits, ou négligence de l'ouvrier même ; le montant de l'indemnité serait fixée par l'autorité judiciaire ; l'ouvrier aurait droit à l'assistance judiciaire ; il y aurait faculté d'appel.

En dehors des lois, il existe aujourd'hui dans la plupart des pays civilisés diverses institutions dues à l'initiative privée, et ayant pour but de protéger l'ouvrier contre les accidents ou leurs suites : telles sont les Associations pour prévenir les accidents de fabrique, les Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, et l'Assurance contre les accidents.

Le parlement allemand, qui a voté récemment une loi décrétant l'assurance obligatoire des ouvriers contre la maladie, doit compléter prochainement cette loi par une autre sur l'assurance obligatoire des ouvriers contre les accidents de fabrique. Le gouvernement autrichien vient également de soumettre à la chambre des députés un projet de loi établissant l'obligation à l'assurance pour les exploitations industrielles. On estime que l'assurance obligatoire conduirait à la suppression des procès entre ouvriers et patrons à propos de demandes d'indemnité ; et cette institution, tout en garantissant à l'ouvrier victime d'un accident les dommages-intérêts auxquels il a droit, ne laisserait pas d'être également avantageuse pour le patron (1).

J.-B. André.

(1) *Le Génie civil, Moniteur des intérêts matériels.*

NOTES

Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, tome XCVII, octobre, novembre, décembre 1883.

N° 14. **Faye** : L'idée de Fourier, de Cordier, d'Élie de Beaumont, de d'Omalius d'Halloy, touchant le refroidissement progressif de la terre, primitivement à l'état de fusion ignée, n'a pas abouti complètement, en géologie, à expliquer les faits que l'on avait cru devoir y rattacher. Mais en tout cas, elle les explique mieux, quoique incomplètement, qu'aucune autre hypothèse, surtout si l'on tient compte de cette loi qui est le résumé d'une série de faits généraux parfaitement acquis : Le refroidissement et la solidification de la croûte terrestre vont plus vite et plus profondément sous les mers que sous les continents. Il résulte de cette loi que l'épaisseur de la croûte terrestre solidifiée sous les mers est beaucoup plus grande que celle de la croûte continentale. Par conséquent, la masse fluide inférieure est soumise à une pression plus grande sous les mers que sous les continents. Comme cet excès de pression se propage en tout sens, plus ou moins rapidement, dans une masse fluide, la croûte continentale peu épaisse doit céder à la pression qui s'exerce sur elle de bas en haut et être en voie d'exhaussement continu, tandis que la croûte sous-marine, de plus en plus épaisse, s'affaisse avec une lenteur extrême. C'est ce que les faits confirment. Il y a des signes d'affaissement sous les océans, et un exhaussement général des surfaces continentales, sauf en quelques localités restreintes. Les phénomènes volcaniques ne se rattachent pas directement à ces mouvements généraux de la croûte terrestre, mais indirectement : sous l'influence des mouvements de bascule des segments de l'écorce ter-

restre, l'eau des mers pénètre ici ou là jusqu'à la masse ignée intérieure, à l'état pâteux ou liquide, et forme avec elle, sous les lignes de fractures, des amas restreints et temporaires de laves foisonnantes, presque explosives, qui donnent naissance à des éruptions violentes lorsqu'elles trouvent une issue dans les couches plus ou moins attaquées de la croûte terrestre. **Daubrée** : Les relevés statistiques des tremblements de terre, dans la partie civilisée du globe, ne sont pas assez nombreux pour que l'on puisse en tirer des prédictions. **Thollon** : Le déplacement des raies du spectre de certaines protubérances permet d'admettre qu'il y a à la surface du soleil des transports de matière ayant une vitesse de cent lieues par seconde ou plus.

N° 15. **Berthelot** vient de réunir en un ouvrage intitulé : *Sur la force des matières explosives, d'après la Thermochimie* (Paris, Gauthier-Villars, 2 vol. in-8°, avec figures et index) l'ensemble des recherches théoriques expérimentales qu'il a faites depuis treize ans sur ce sujet. Le livre I contient les notions générales et la théorie du mode de propagation de l'onde explosive. Le livre II, les expériences relatives à la chaleur de formation des composés explosifs. Le livre III est consacré à la détermination de la force de ces composés. Un appendice renferme l'histoire des origines de la poudre et des autres substances explosives. **Daubrée** confirme les indications données dans le n° précédent sur la cause des tremblements de terre. Ce sont comme des éruptions volcaniques étouffées, dues à des corps gazeux à forte pression, tels que la vapeur d'eau suffisamment surchauffée, qui a pénétré peu à peu dans des régions très chaudes de la croûte terrestre, là où celle-ci est assez disloquée. **Faye** : Outre les faits cités par M. Thollon, qui ne peuvent être que des mouvements horizontaux peu marqués, il y en a d'autres qui sont en faveur de la théorie solaire défendue par M. Faye. **Marey** : Lorsqu'un acte musculaire a pour effet d'élever (d'abaisser) le centre de gravité de notre corps, il y a accroissement (diminution) de notre pression sur le sol. Cet effet est suivi d'une action de sens inverse quand le mouvement d'élévation (d'abaissement) se ralentit. **O. Heer**, l'éminent paléontologue suisse, né à Nieder Ozwyl (Glaris) le 31 août 1809, est mort à Lausanne, le 27 septembre 1883. **Barrande**, auteur d'immenses travaux sur les terrains siluriens de la Bohême, vient de mourir à l'âge de 64 ans. En rapprochant des milliers de trilobites qu'il avait recueillis lui-même, il parvint à suivre toute la marche du développement de beaucoup d'espèces, depuis l'œuf et les premières phases de leurs métamorphoses jusqu'à l'état adulte. Il fut ainsi conduit à réunir avec certitude, grâce à cette chaîne d'intermédiaires, des formes de ces

êtres fossiles qui paraissaient appartenir à des espèces toutes différentes. **Andouard** et **Dézaunay.** Dans certains cas, au moins, la pulpe de diffusion donnée à une assez forte dose par jour à une vache laitière, augmente le rendement en lait, en beurre et en sucre, mais communique au lait une saveur moins agréable et une prédisposition certaine à la fermentation acide.

N° 16. **Raoult** : Tout corps solide, liquide ou gazeux, en se dissolvant dans un composé défini liquide, capable de se solidifier, en abaisse le point de congélation, d'une quantité indépendante du corps dissous et du dissolvant, si le rapport du nombre des molécules du dissolvant est un nombre constant de fois le nombre de molécules du corps dissous. (Voir aussi n° 18.) **Thollon** et **Trépied** : Sur le pic du Midi, les observations spectroscopiques se font, en temps ordinaire, assez souvent, dans des circonstances presque aussi favorables que pendant une éclipse totale du soleil. **Van Assche** parvient à arrêter les rayons lumineux et les rayons chimiques du spectre, sans intercepter les rayons calorifiques, au moyen du sélénium. **Baudelot** : On vient de publier son ouvrage posthume intitulé : *Recherches sur le système nerveux des Poissons* (Paris, Masson).

N° 17. **Dupuy de Lôme** : On vient de trouver enfin le moyen de transporter économiquement et sûrement les marchandises sur le Rhône, au moyen du touage par chaînes sans fin. **Thollon** cite de nouvelles observations spectroscopiques à l'appui de sa manière de voir sur la réalité de mouvements extrêmement rapides dans les protubérances. **Baubigny** (voir aussi n°s 18 et 24) détermine les équivalents de divers métaux au moyen de leurs sulfates anhydres. Il trouve (en supposant, avec Stas, S = 16,037), Cu = 31,734, Zn = 32,704, Ni = 29,374 ; Al = 13,532. **Couty** : Des expériences nouvelles prouvent que, contrairement à l'opinion courante, la strychnine n'a pas d'abord pour effet d'augmenter les fonctions normales de la moelle et du bulbe, puis de les paralyser. Au contraire, son premier effet appréciable du côté du cerveau et des nerfs sensitifs est de diminuer leur sensibilité ; son premier effet, du côté des mouvements, est de substituer des formes pathologiques dont le mécanisme reste à étudier, aux formes de réactions normales. **Walter R. Browne** : La théorie qui attribue les mouvements des glaciers à la pesanteur n'explique pas aussi bien tous les faits et, en particulier, l'épanouissement des glaciers à leur entrée dans des vallées qui s'évasent, que celle qui attribue ces mouvements principalement à des dilatations produites par la chaleur.

N° 18. **De Quatrefages** vient de publier un ouvrage intitulé :

Hommes fossiles et hommes sauvages. Études d'anthropologie (Paris. J.-B. Baillière). où il admet l'existence de l'homme tertiaire et signale de nouveau. à propos de diverses peuplades sauvages ou fossiles. la persistance des types anthropologiques dans les populations les plus mêlées. **Conty** : L'électrisation de la substance blanche du cerveau produit des effets absolument analogues à ceux de l'électrisation corticale. Conformément à l'opinion des anciens expérimentateurs. de nouvelles expériences prouvent que l'excitabilité de cette substance blanche va en augmentant à mesure que l'on descend de la surface du cerveau à ses parties profondes. ou mieux à mesure que l'on se rapproche de la protubérance et de la moelle. ces véritables centres de réception et de réflexion de toutes les excitations parties du cerveau.

N° 19. **Louis Breguet**, l'habile constructeur d'instruments scientifiques. né le 22 décembre 1804. est mort le 27 octobre 1883. **Dehérain** : L'azotate de soude employé comme engrais réagit probablement sur les sels de potasse que renferme le sol. et c'est seulement à l'état de salpêtre qu'a lieu l'assimilation par la plante. **Lamm** : Aux mines de Falun. ce n'est peut-être pas le cuivre qui agit comme préservatif du choléra. mais l'atmosphère d'acide sulfureux produite par l'oxydation du minerai. **Richet** : Parmi les poisons métalliques. les uns. comme le mercure. sont délétères pour toute cellule vivante. végétale ou animale : d'autres. comme le potassium. sont inoffensifs ou à peu près pour les végétaux. mais sont délétères pour les animaux. probablement parce qu'ils empoisonnent les cellules nerveuses.

N° 20. **Arloing, Cornevin** et **Thomas**, ont trouvé. par des expériences faites sur le bœuf et le mouton. que les causes qui diminuent la réceptivité de certaines régions de l'organisme et. en particulier de la queue. pour le virus du charbon bactérien ou symptomatique. c'est d'abord la texture dense et serrée du tissu conjonctif de la région coccygienne. et ensuite sa température moins élevée. De là des indications précieuses pour la pratique des inoculations préventives de virus charbonneux.

N° 21. **Daubrée** : Les terribles phénomènes volcaniques du détroit de la Sonde (26-27 août 1883) semblent pouvoir s'expliquer. comme la plupart des phénomènes de ce genre. par l'introduction d'eau de la surface de la terre dans les régions souterraines et chaudes du globe. **Berthelot** a retrouvé dans un fragment grec attribué à Démocrite, quelques renseignements sur la teinture en pourpre des anciens. par l'emploi d'une pourpre végétale. **J. Chambrelent** et **A. Moussous** : Les bactéridies du charbon se trouvent. en petite quantité. dans le lait des

animaux atteints de fièvre charbonneuse et s'y trouvent du vivant de ces animaux. **Yves Delage**, après trois ans d'études expérimentales à Roscoff, est parvenu enfin à expliquer l'évolution de la *Sacculina carcini*, parasite du crabe, dans lequel elle pénètre par un procédé extrêmement singulier, et dont elle sort partiellement plus tard : la portion du parasite intérieure au crabe représente la peau de la larve : la portion externe représente un noyau génital qui s'est frayé passage au dehors, en perçant sa propre enveloppe et les téguments de l'hôte, pour les besoins de la propagation de l'espèce. Ce phénomène est d'ailleurs secondaire dans l'existence de l'animal, et la sacculine est endoparasite au même titre qu'un ténia qui, cependant, émet au dehors ses cucurbitains. **E. Cartailhac** signale l'existence d'une mine de silex exploitée à l'âge de la pierre, au Mur-de-Barrez (Aveyron), au moyen de pics en bois de cerf.

N° 22. **Pasteur** et **Thuillier** sont parvenus, par des cultures artificielles, à atténuer le virus du rouget du porc : le rouget épizootique, même le plus violent, peut être prévenu par des inoculations du virus virulent atténué et l'immunité dure plus d'une année, ce qui est suffisant pour la pratique de l'élevage du porc. Le rouget du porc peut être inoculé aux pigeons et aux lapins ; si l'on cultive le microbe du rouget dans une série de pigeons, il y devient de plus en plus virulent ; le phénomène inverse se passe dans le lapin. On peut déduire de là une méthode pratique d'atténuation des virus. La salive des hydrophobes contient un microbe virus, très virulent pour les lapins, inoffensif pour les cobayes adultes. On peut le rendre virulent pour les cobayes, en le cultivant dans des individus très jeunes de cette espèce ; mais alors, il est moins virulent pour les lapins. **De Lesseps** : Le lendemain du tremblement de terre de Java, le niveau de la mer a éprouvé à Colon, sur l'océan Atlantique, et non à Panama, sur le Grand Océan, une série d'oscillations, produites probablement par ce grand phénomène volcanique. Cette oscillation s'est transmise de Java à Colon sans doute, par l'océan Indien, le cap de Bonne-Espérance et l'océan Atlantique, tandis que dans le Grand Océan elle a été arrêtée par les nombreuses îles qui lui barraient le chemin. **Bouquet de la Grye** : On a observé des oscillations aussi à l'île Maurice et même sur les côtes de France. **Bloch** ayant comparé la vitesse relative des transmissions visuelles, auditives et tactiles, a trouvé que la vision est la plus rapide ; l'audition se transmet, 1/72 de seconde, le toucher sur la main, 1/21 de seconde, plus tard.

N° 23. **Faye** : Si l'on adopte le méridien de Greenwich comme

premier méridien et si l'on compte la longitude de 0 à 12 heures à l'est, de 0 à — 12 heures à l'ouest, l'heure de Greenwich (ou heure universelle, supposée comptée à partir de minuit) sera partout égale à l'heure locale moins la longitude. **Aimé Girard** : Le saccharose est formé, dans la betterave, directement dans les limbes sous l'influence de la lumière : il est ensuite transporté jusqu'à la souche où il s'emmagasine peu à peu. **L. Henry** prouve, par la formation de divers corps se rattachant à l'acétate d'éthyle bichloré biprimaire $Cl\,C\,H^2 — C\,H^2 — O — C\,O — Cl\,C\,H^2$ que le chlore subit de la part de l'oxygène, dans son activité fonctionnelle, une influence considérable. **Burq** maintient, en l'appuyant de nombreux documents statistiques, son opinion sur l'immunité cuprique professionnelle pour le choléra et probablement pour le typhus et la variole (**Bochefontaine** : faits contraires, sauf pour le choléra, n° 24). **Renou** : les crépuscules extraordinaires des 26 et 27 novembre 1883 concordent avec l'époque d'une pluie annuelle d'étoiles filantes, observée depuis 1872.

N° 24. **Hyades** fait connaître sommairement les Fuégiens au point de vue moral et physique : La famille semble être la base de l'organisme social si rudimentaire de ces sauvages. Ils ont pour seul outil indigène une grande coquille de Mytilus, taillée et rendue tranchante, solidement emmanchée, avec une lanière de peau de phoque, sur une pierre destinée à être tenue à pleine main. **A. Charpentier** a fait sur la perception des différences de clarté de nouvelles recherches, qui renversent complètement la loi habituellement admise en psychophysique, savoir que le rapport de l'éclairement supplémentaire que l'on commence à percevoir, à l'éclairement du fond, est constant : il a souvent trouvé ce rapport inversement proportionnel à la racine carrée de l'intensité du fond lumineux, mais pas toujours.

N° 25. **A. Milne Edwards** : Les explorations faites pendant l'été de 1883, par des naturalistes français, à bord du *Talisman*, dans l'océan Atlantique, ont donné des résultats analogues à ceux de l'expédition du *Travailleur*, mais plus nombreux encore. Sur les côtes d'Afrique, on a trouvé, à des profondeurs variant de 500 à 3600 mètres, une étonnante variété de poissons, de mollusques, et d'animaux inférieurs, les uns aveugles, d'autres phosphorescents, et dont plusieurs se rapprochent de types fossiles. La faune sous-marine de la mer des Sargasses est au contraire assez pauvre. Au point de vue bathymétrique, on a reconnu qu'à partir des îles du Cap-Vert le fond se creuse régulièrement jusque vers le 25e parallèle, où il atteint 6267 mètres, puis il se relève graduellement vers les Açores et, sous

le 35e parallèle, il n'est plus que d'environ 3000 mètres. Le lit de la mer des Sargasses semble formé d'une couche épaisse de limon très fin, de nature ponceuse, recouvrant des fragments de ponces et de pierres volcaniques. Il semble donc qu'il y ait là, à plus d'une lieue au-dessous de la surface des eaux, une immense chaîne volcanique parallèle à la côte d'Afrique et dont les îles du Cap-Vert, les Canaries, Madère et les Açores seraient les seuls points émergés. A sept cents milles des côtes de l'Europe, on a trouvé des cailloux polis et striés par les glaces, provenant sans doute de glaciers quaternaires. **De Gasparin** : Les lueurs crépusculaires observées en novembre et décembre sont bien des phénomènes solaires, car leur centre suivait cet astre dans son mouvement; ces lueurs ont été observées quand il n'y avait pas d'essaim d'étoiles filantes à observer. **Yung** fait remarquer qu'il y a eu des chutes abondantes de poussières cosmiques; ces poussières proviennent peut-être des étoiles filantes. **Chapel** : Les poussières cosmiques en suspension dans l'atmosphère ont produit peut-être les crépuscules extraordinaires observés en novembre et décembre, et même en octobre (en Espagne). **A. Carpentier** résume, comme suit, ses expériences relatives à l'influence de la couleur sur la perception des différences de clarté : La sensibilité différentielle est plus délicate (ou la fraction différentielle moins élevée) pour les couleurs les moins réfrangibles ; c'est dans ces couleurs que nous distinguons le mieux la forme des objets ; la sensibilité différentielle pour la lumière de la lampe Carcel est intermédiaire entre celle du jaune et du vert. Ces expériences ont été faites avec des lumières constantes.

N° 26. **Yvon Villarceau**, né à Vendôme le 15 janvier 1813, y est mort le 23 décembre 1883. Il a donné en mécanique appliquée une théorie des voûtes qui est devenue classique, ainsi qu'une étude sur la stabilité des locomotives en mouvement. Il a inventé un régulateur isochrone à ailettes, qui est extrêmement utile pour assurer la régularité du mouvement des équatoriaux. En astronomie, il a établi la théorie des instruments de précision, étudié toutes les causes d'erreur, systématiques et accidentelles, et indiqué les méthodes propres à les éliminer sûrement; en particulier, il a donné un procédé sûr pour rectifier les indications des chronomètres en mer. En géodésie, il a obtenu trois théorèmes importants, dont deux permettent de déterminer la figure de la terre avec ou sans nivellement, et le troisième établit une relation simple entre les azimuts et les longitudes observés ou calculés d'un même point. **L. Henry** montre, par l'étude de quelques dérivés haloïdes de l'éthane, que l'aptitude réactionnelle

du brome diminue ou augmente si l'on remplace les atomes voisins d'hydrogène par du chlore ou du brome, suivant que l'on fait agir des réactifs positifs ou négatifs. **P. Fischer** : La faune abyssale des mers de l'Afrique intertropicale n'a aucun rapport avec la faune superficielle, mais en a de grands, quant aux mollusques, avec la faune arctique des régions assez peu profondes. La faune méditerranéenne ne semble avoir que peu d'espèces propres. Elle a, sans doute, été peuplée en grande partie par des colonies de l'Atlantique, après la période géologique qui a fermé sa communication avec l'océan Indien.

N° 27. **Courcelle-Seneuil** : La catastrophe de Java s'est manifestée au cap Horn par des ondulations extraordinaires relevées par le maréographe. **Erington de la Croix** : Il en a été de même à Ceylan et à l'île Maurice, où les ondulations parties probablement du détroit de la Sonde sont arrivées très rapidement : leur vitesse moyenne par seconde dépassait cinq cents mètres. **Trépied** : Le spectre de la comète Pons-Brooks est, dans sa partie visible, identique à celui d'une flamme d'alcool. **Wroblewski** obtient une température d'environ *cent quatre-vingt-six degrés sous zéro* et solidifie l'azote en cristaux neigeux d'une dimension remarquable au moyen de la détente rapide de l'oxygène liquide. **A. Roulès** et **de Pietra-Santa** : Un individu peut vivre dans une atmosphère chargée de poussière de cuivre sans altération appréciable de sa santé, et sans acquérir non plus d'immunité contre le choléra et le typhus. **Fol** a pu étudier récemment, d'une manière minutieuse, un embryon humain de la quatrième semaine, et rectifier ou compléter sur divers points les résultats de ses devanciers. **Sabatier** conclut, d'observations nouvelles, l'existence probablement générale du noyau vitellin des Aranéides et sa signification comme élément sexuel mâle.

P. M.

Bruxelles. — A. Vromant, imp.-édit., rue de la Chapelle, 3.

SIR WILLIAM SIEMENS

La science anglaise a été cruellement éprouvée en 1883 : Spottiswoode, sir E. Sabine, Varley et Werdermann ont disparu dans l'espace de quelques mois, et voici que, le 19 novembre, la mort vient encore d'enlever sir William Siemens.

Ce dernier, qui avait acquis d'abord une grande notoriété sous le nom de docteur C. W. Siemens, était le type de ces investigateurs hardis, qui poursuivent l'alliance si féconde de la pratique et de la théorie : savant distingué en même temps qu'ingénieur habile et expérimenté, il possédait au plus haut degré le génie de l'invention et de l'application. Lorsqu'il interrogeait la nature, c'était aussi bien pour dévoiler ses mystères que pour lui arracher un secret utile. Sa vie a été un modèle de travail opiniâtre, de recherche infatigable et d'audace réfléchie, couronnée le plus souvent par un brillant succès. En lui disparaît une illustration de ce siècle, spécialement marquée de son cachet. La *Revue des questions scientifiques* lui devait un hommage.

Charles William Siemens était d'origine allemande : il naquit, non loin de Hanovre, le 4 avril 1823. Nous lui connaissons trois frères, Werner, Charles et Frédéric : tous les quatre s'adonnèrent à l'étude des sciences, et ils ont formé cette *dynastie* des Siemens, qui a contribué si fort aux progrès de l'électricité ; collaborateurs désintéressés, ils ont travaillé avec tant d'unité et d'harmonie, qu'il est parfois difficile de démêler la part prise par chacun d'eux aux découvertes qui ont illustré leur nom.

En 1843, Charles-William (c'était alors encore Karl-Wilhelm) fut envoyé en Angleterre par son frère Werner pour exploiter un brevet relatif à la dorure et à l'argenture galvanique. Grâce à l'appui de M. Elkington, il réussit et s'établit dans ce pays où la fortune semblait lui sourire avec tant de complaisance ; il ne devait plus le quitter. Naturalisé anglais en 1850, il reçut de la reine, en 1883, les honneurs de la chevalerie (knighthood), acquérant ainsi le nom de sir William Siemens sous lequel il sera connu des générations futures. L'Angleterre applaudit à cette distinction honorifique accordée à l'un de ses fils d'adoption : lors d'une *conversazione*, offerte le 25 juillet dernier, dans les jardins de la *Fisheries Exhibition*, par la Société des arts, dont il était le président annuel, huit mille invités ratifièrent par leurs hourras enthousiastes la haute dignité dont Sa Majesté l'avait revêtu. Il semblait que les prodigieux succès des électriciens fussent récompensés en sa personne, et le *Punch* exprima la pensée de tous en écrivant, au-dessous du portrait du nouveau chevalier, qu'il avait représenté au centre d'une lampe à incandescence, ces mots : *The Electric Knight Light.*

Sir William Siemens a merveilleusement rempli sa carrière. Je renonce à faire une étude spéciale de tous les points de la science auxquels il a touché ; car cette notice prendrait les proportions d'une vaste encyclopédie, ou bien elle deviendrait aride comme une table de matières. Tous les ingénieurs connaissent les fameux gazogènes auxquels il a

attaché son nom, et qui ont fait réaliser de si grands progrès à la métallurgie et à la fabrication de l'acier, des glaces, etc.; les journaux ont parlé longuement de son fourneau pour la crémation des morts; son compteur d'eau a été pendant longtemps le seul qui fût admis par les sociétés fermières des villes; il a inventé un chronomètre. A trente ans, il recevait le prix Telford pour un mémoire sur la conversion de la chaleur en énergie mécanique. Avec ses frères, il a fondé la maison Siemens et Halske, de Berlin, et la société Siemens frères et Cie, dont les vastes usines de Charlton ont produit quatre câbles transatlantiques, les câbles Nord-Chine, Plata-Brésil, France-Algérie, et une quantité d'autres. Cette société a pris une large part dans la construction du *Faraday*, que sir William arma spécialement pour la pose des lignes sous-marines.

En 1860, il construisit un moteur à gaz tonnant qui fut le premier type des moteurs à combustion : malheureusement il ne trouva pas le temps de compléter son œuvre et il fut devancé.

On lui doit un grand nombre de recherches sur l'électricité, et particulièrement l'invention des machines dynamo-électriques, dont il établit le principe en 1867, devant la Société royale, le même jour que Wheatstone. En 1875, il constata avec Willoughby Smith l'influence de l'illumination sur la conductibilité du sélénium cristallisé. Nul n'a plus puissamment que lui contribué aux progrès de l'éclairage électrique et au développement de la locomotion et du transport de la force à distance.

Le 20 septembre 1882, il lisait encore, devant la Société royale, un mémoire sur la conservation de l'énergie solaire, qui a eu le plus grand retentissement : « La question, disait-il, présente pour l'avenir de nos descendants autant d'intérêt que la conservation de nos héritages. »

Enfin, à sa dernière heure, il s'occupait encore activement de la suppression de la fumée, par un emploi plus judicieux du charbon dans les foyers.

Dans l'impossibilité de suivre l'illustre inventeur dans tous les détails de son œuvre, nous nous contenterons de rappeler d'abord ses recherches sur la combustion du gaz dans les foyers ; puis, nous ferons ressortir les services qu'il a rendus à la télégraphie sous-marine ; enfin, nous exposerons ses travaux et ses découvertes dans cette question, capitale aujourd'hui, de la conversion et du transport de la force par l'électricité.

I

RECHERCHES SUR LA COMBUSTION DES GAZ.

L'économie du combustible et sa complète utilisation paraissent avoir été le principal objectif de sir William Siemens : ce n'est peut-être pas dans cette voie qu'il a réalisé les découvertes les plus originales et les plus brillantes, mais on ne peut nier que la question des foyers industriels ne fût la préoccupation constante de son esprit si ingénieux et si fécond. C'est en effet par l'étude des gazogènes qu'il débuta, et nous avons appris par les journaux que la mort l'a surpris au milieu des essais qu'il faisait encore à Sherwood sur une chaudière chauffée par la combustion des gaz de la houille mélangés aux gaz de l'eau. En même temps, il poursuivait cette pierre philosophale des ingénieurs, la fumivorité des foyers. Le biographe qui s'occupera de retracer cette carrière si remplie manquerait à la vérité, s'il ne donnait aux recherches de Siemens sur la combustion l'importance qu'elles méritent.

Le gazogène aurait suffi pour illustrer un nom.

On appelle gazogènes des appareils dans lesquels on transforme, par combustion incomplète et distillation, les combustibles solides en combustibles gazeux, pour les brûler ensuite dans des foyers spéciaux. A cet effet, le combustible minéral est chargé dans une cuve prismatique, qui

n'est pas sans quelque analogie avec un cubilot ou un petit haut fourneau ; dans le but de permettre le chargement sans interrompre l'écoulement des gaz, le gueulard est muni d'une trémie plongeante à soupape, par laquelle on fait tomber le charbon. L'air, forcé par une soufflerie ou appelé par une cheminée, traverse le combustible, qui doit présenter une épaisseur suffisante pour que tout l'oxygène soit transformé en oxyde de carbone, et que l'acide carbonique, accidentellement produit, puisse être réduit au contact du charbon incandescent. Une injection complémentaire d'eau ou de vapeur d'eau présente l'avantage de diminuer la température des gaz à leur sortie, en augmentant d'ailleurs leur richesse par l'adjonction de ses éléments dissociés. Ces gaz contiennent environ un tiers en volume d'oxyde de carbone ; on y trouve des carbures divers en faible quantité, des traces d'hydrogène, un peu d'acide carbonique et une quantité considérable d'azote qui diminue dans une forte proportion le pouvoir calorifique du mélange.

Les gazogènes permettent d'utiliser toute espèce de combustibles, la sciure de bois, les tourbes, les anthracites, le coke, les charbons de toute nature, quelque menus qu'ils soient, les fonds de halle et autres déchets auxquels on ne pourrait donner aucune valeur vénale. Outre l'avantage de permettre l'emploi des produits inférieurs ou négligés, le gazogène présente de plus sur les autres foyers une supériorité remarquable, résultant de ce que la combustion est à deux degrés : on ne fournit d'abord au gazogène que l'air strictement nécessaire à la transformation du carbone en oxyde de carbone ; la combustion s'achève ensuite dans le foyer proprement dit, où il est facile de réaliser un régime uniforme et continu en réglant par des valves l'introduction du comburant. De la sorte, on évite les pertes considérables produites par l'admission d'un excès d'air dans les foyers ordinaires, où les conditions du feu sont périodiquement variables.

L'utilisation des gaz des hauts fourneaux faite, dès

1833, par Thomas et Laurens et presque en même temps par Ebelmen avait permis de constater les avantages des foyers à gaz. Les praticiens avaient fait école et le succès avait couronné leurs laborieux efforts, lorsque William et Frédéric Siemens commencèrent leurs recherches en 1856 (1). Ils perfectionnèrent considérablement le gazogène et le brûleur à gaz ; mais leur plus grand mérite réside en ce qu'ils complétèrent l'idée ingénieuse des premiers inventeurs en cherchant à recueillir les chaleurs perdues dans le foyer, au moyen d'un accumulateur destiné à chauffer préalablement l'air comburant et le gaz combustible pour obtenir une température plus élevée : l'accumulation se faisait au moyen d'un appareil en briques appelé régénérateur, que traversaient les gaz avant d'être introduits dans le foyer. Du même coup, on résolvait donc la question de la gazéification des combustibles et le problème, chaque jour plus important pour la métallurgie, surtout pour la sidérurgie, de l'obtention économique des plus hautes températures sans aucune complication d'appareils.

Voici quelle est la disposition adoptée par Siemens pour chauffer les fours. Le gazogène est une chambre en maçonnerie réfractaire dont une des faces est inclinée : c'est sur ce plan que repose le combustible ; au bas, se trouve une grille étroite. Les produits de la combustion imparfaite et de la distillation montent par la cheminée dans un large tuyau de tôle horizontal, d'où ils sont ramenés au bas des régénérateurs, qui sont assemblés par couples. Ces régénérateurs se composent simplement de plusieurs rangées de carneaux en briques réfractaires, munis de nombreuses chicanes, pour assurer le contact entre les parois et opérer un brassage convenable : on y dirige al-

(1) Le Dr Beaufumé présenta en 1855 à l'exposition de Paris un gazogène dont on trouve la description dans tous les traités spéciaux ; cet appareil trop compliqué ne réussit pas, bien qu'une société se soit formée pour l'exploiter. Le gazogène Siemens, au contraire, se fit adopter rapidement par la grande industrie.

ternativement les produits de la combustion du four et les gaz neufs destinés à brûler dans ce four. Les chaleurs perdues sont ainsi accumulées dans le régénérateur durant une première phase, et restituées dans la seconde à l'air et aux mélanges combustibles venant du gazogène : l'inversion des courants s'exécute d'heure en heure à l'aide de valves.

Les gazogènes Siemens furent très remarqués à l'exposition de Londres en 1862 ; à Paris, en 1867, les inventeurs remportèrent la plus haute récompense dont pouvait disposer le jury. La métallurgie avait déjà adapté ces appareils aux fours à réchauffer, voire même aux fours à puddler ; la verrerie, la fabrication des glaces et l'industrie céramique réalisaient une économie de 35 pour cent par la substitution des nouveaux gazogènes aux vieux alandiers. Dans les convertisseurs Bessemer, on trouvait un avantage marqué à employer un gaz contenant une forte proportion d'oxyde de carbone ; on obtenait de la sorte, sans addition de manganèse, un métal ductile, semblable au fer forgé, et présentant toutes les propriétés remarquables des aciers. En produisant un gaz oxydant, Siemens découvrait un nouveau moyen de fabriquer l'acier par la combustion, au moyen de l'oxygène, d'une partie du carbone contenu dans la fonte. Dans ces derniers temps enfin, on appliquait le gazogène au chauffage des cornues à gaz, et c'est peut-être le perfectionnement le plus sérieux qui ait été introduit depuis vingt ans dans la fabrication du gaz d'éclairage. Des essais comparatifs, exécutés par la Compagnie parisienne à l'usine de Vaugirard et en Écosse à l'usine de Dalmarnock, ont démontré que, dans les anciennes installations, le chauffage des cornues consomme les deux tiers du coke produit, tandis qu'un tiers suffit, quand on emploie le dispositif Siemens : avec le premier système, on distillait par jour et par cornue 750 kilogrammes de houille, alors que, avec le nouveau, on dépasse 900 kilogrammes, sans augmentation de per-

sonnel ; en somme, le bénéfice de la transformation peut être évalué à 1 fr. 25 par tonne de houille distillée (1).

Le gazogène réussit moins bien quand on l'appliqua aux forges à laminoirs et au chauffage des chaudières à vapeur ; toutefois, Siemens ne s'était pas découragé et il poursuivit ses recherches jusqu'à la fin, tant il avait de foi en son œuvre et si grand était son désir de soustraire les habitants de Londres aux fumées noires et malsaines des usines.

Il est reconnu aujourd'hui que la présence dans l'atmosphère de particules solides facilite la condensation de la vapeur et la production de ces brouillards épais qui donnent aux cités industrielles d'outre-Manche un aspect si sombre et si désagréable : il importe donc au plus haut degré de réaliser la fumivorité des foyers. Siemens avait pris l'initiative de cette exposition curieuse d'appareils à feu qui s'ouvrit l'an dernier à Londres; il avait provoqué de l'agitation par les journaux et par des conférences ; ses collaborateurs faisaient savoir au public que, pendant la semaine du brouillard du 7 février 1880, la mortalité à Londres avait dépassé les chiffres les plus élevés depuis quarante ans ; on rappelait à tout le monde que, si le soleil n'entre pas par la fenêtre, le médecin arrive par la porte ; sir W. Gull écrivait que, en Angleterre comme en Béotie, le brouillard pèse sur les intelligences, quelque près que nous soyons du Parnasse ou de l'Hélicon.

Cette campagne devait porter ses fruits, et l'on attendait impatiemment la solution promise par notre savant. « Le 19 novembre dernier, dit sir William Thomson, quelqu'un nous demandait sur ce ton que connaissent ceux qui s'occupent de sciences : — Les savants ne pourront-ils donc pas nous débarrasser de ces brouillards qui empestent nos villes ? — Sir William Siemens s'en occupe, répondîmes-nous aussitôt, et, si nous vivons quelques années encore,

(1) *Revue industrielle*, 26 septembre 1883.

nous pouvons espérer en venir à bout. — Hélas, nous ne nous doutions guère que ce soir-là même verrait la fin d'une vie si belle de promesses (1). »

II

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE.

C'est aux travaux de Siemens, Jenkin, Thomson, Willoughby Smith, Varley et Clark que notre siècle doit la jonction des deux continents par un fil télégraphique ; la part de gloire qui revient à notre savant dans cette grande œuvre est considérable et absolument incontestée.

On songea d'abord à relier la France et l'Angleterre, et ce projet remonte à 1840 ; mais ce fut seulement le 16 octobre 1850 que les deux pays communiquèrent entre eux télégraphiquement. La ligne était formée d'un fil de cuivre unique enveloppé de gutta-percha ; ce conducteur avait été enroulé sur une grande bobine placée à l'arrière d'un navire et déposé au fond de la Manche, entre la ville de Douvres et le cap Gris-Nez ; l'opération demanda moins de dix heures. Mais le fil se rompit au bout de quelques jours contre les rochers du rivage et il fallut construire une nouvelle chaîne : on fit un câble qu'on protégea par une enveloppe de chanvre doublée d'un toron de dix gros fils de fer tordus en hélice. Cette communication résista pendant neuf ans à l'action des vagues et aux secousses des ancres flottantes des navires.

Le succès de cette entreprise provoqua un grand enthousiasme, et l'on osa espérer dès lors que l'électricité deviendrait la messagère de la pensée humaine entre le vieux et le nouveau monde. Un câble fut descendu dans les profon-

(1) *Revue scientifique*, 8 décembre 1883.

deurs de l'Atlantique entre l'Irlande et Terre-Neuve ; le 16 août 1857, une première dépêche put être échangée entre les points d'atterrissement, à travers plus de 3300 kilomètres de distance. L'expérience était grandiose ; malheureusement, après vingt-quatre jours de service, le câble cessa d'être isolé et le télégraphe devint muet.

On ne se découragea pas.

Les opérations ne recommencèrent, il est vrai, qu'en 1865 ; mais ces huit années d'intervalle n'avaient pas été perdues. Des tentatives pour la plupart malheureuses, mais toujours instructives, se firent en divers points du globe. Toulon put enfin être relié à la Corse, Barcelone aux Baléares, Port-Vendres à Alger ; on jeta des câbles dans la mer Rouge et dans le golfe Arabique. On acquit de la sorte l'expérience nécessaire pour affronter de nouveau l'immersion d'un fil dans l'Océan, à des profondeurs pour ainsi dire incommensurables. Une commission fut nommée en 1861 par le gouvernement de la reine ; elle comprenait les noms les plus autorisés de la Grande-Bretagne. Cette commission s'entoura de toutes les lumières ; les ingénieurs qui avaient assisté aux opérations précédentes furent interrogés, les électriciens étudièrent la question et déterminèrent toutes les constantes dont la connaissance était nécessaire. Nous voyons que Siemens publia, en collaboration avec Forde et Gisborne, un tableau des résistances des fils métalliques à la traction. Le rapport présenté par la commission, à la suite de ces recherches multipliées, est un des documents les plus importants de l'histoire de la télégraphie sous-marine.

On adopta le modèle de câble que l'administration française avait admis pour la ligne d'Algérie ; mais on apporta au choix des matériaux, à leur mise en œuvre, et surtout à l'isolement et à la protection du conducteur un soin scrupuleux que les premiers insuccès justifiaient bien.

L'âme du câble était formée de sept fils de cuivre d'un demi-millimètre de diamètre : la conductibilité de ce fil dut

être rigoureusement constante. L'enveloppe isolante était constituée par quatre couches de gutta percha, séparées par un enduit de mastic Chatterton, mélange intime de gutta et de goudron de Stockholm. Un bourrelet de chanvre enveloppait cette gaîne isolante ; enfin venait l'armature extérieure de fils de fer, entourés chacun par une garniture de chanvre de Manille. Le câble avait un diamètre de 27 millimètres ; il pesait près d'un kilogramme par mètre courant, et pouvait supporter sans se rompre une tension de 8000 kilogrammes.

L'histoire de la pose de ce câble est palpitante d'intérêt.

On alla chercher dans les eaux de la Tamise le *Great Eastern*, qui paraissait condamné au repos après ses malheureuses traversées entre l'Angleterre et les États-Unis. Ce géant des mers pouvait seul porter dans ses flancs le câble de 4500 tonneaux qu'il s'agissait de poser. L'expédition, commandée par le capitaine Anderson, partit dans les premiers jours de juillet 1865. On avait déjà filé plus de 2000 kilomètres de câble et accompli près des deux tiers du chemin, lorsque le conducteur se rompit et tomba à la mer. Malgré l'énorme profondeur de l'eau en ce point (elle dépassait 3700 mètres), on essaya de draguer le tronçon et de le repêcher. Au moyen de grappins on le ressaisit quatre fois ; quatre fois les cordes se brisèrent. On se vit obligé d'abandonner l'entreprise et de revenir au port de départ.

Il fallait quinze millions pour construire un nouveau câble ; les financiers eurent confiance et les donnèrent.

Le câble ne pouvait être plus léger que le précédent, mais on porta sa résistance à 9000 kilogrammes. Le *Great Eastern* reprit la mer le 13 juillet 1866 : Valentia était le point d'atterrissement sur la côte d'Irlande. Le 29 juillet, on abordait heureusement à Heart's-Content, et un message du président Johnston à la reine, composé de 81 mots, put être transmis à Valentia en onze minutes. Mais

la tâche n'était pas achevée ; car il restait à retrouver, s'il se pouvait, l'ancien câble, à le relever, et à le continuer jusqu'à la côte américaine, de manière à établir un service continu par un double fil. On réussit au delà de toute espérance et, le 8 septembre, l'opération était terminée.

Depuis lors, plusieurs câbles ont été posés et de puissantes compagnies se disputent les avantages d'une exploitation fructueuse. Le prix du mot est tombé de cent francs à un franc (1).

Avec quel intérêt retracerions-nous toutes les difficultés qui ont été vaincues pour atteindre ce résultat! Mais nous devons nous borner à signaler les perfectionnements dus au génie de Siemens et à son initiative audacieuse non moins que persévérante.

C'est lui qui a armé le *Faraday*, spécialement en vue de cette grande œuvre de la pose des câbles. « Voici, dit sir William Thomson, un navire qui manœuvre mieux qu'aucun autre ne pourrait le faire, qui réussit dans toutes les opérations si difficiles et si délicates de l'immersion et du relèvement d'un câble à des profondeurs de 4000 mètres, qui en toute saison et par tous les temps fait son service sans accident, et ce navire est l'œuvre d'un homme qui est né dans l'Europe centrale et dont la vie s'est passée sur la terre ferme à étudier la science appliquée à la mécanique (2) ! »

Ce témoignage si enthousiaste émane d'un émule, presque d'un rival, s'il était possible qu'il y eût rivalité entre deux pionniers de la science, également illustres et favorisés tous deux par la fortune. L'éloge honore assurément autant celui qui l'a écrit que le savant qui en est l'objet.

Nombreuses sont les recherches que Siemens a dû

(1) On annonce pour le mois de septembre prochain l'ouverture d'un nouveau câble (Gordon-Bennett-Mackay), dont le tarif sera inférieur de moitié à ceux des huit compagnies existantes.

(2) *Revue scientifique*, 8 décembre 1883.

entreprendre pour la télégraphie sous-marine. Il détermine la résistance de la gutta-percha, et démontre que la pression considérable (1) à laquelle est soumis un câble immergé augmente considérablement les qualités électriques de l'isolant. Il étudie les propriétés absorbantes du caoutchouc pour l'eau; la pression affecte peu cette absorption, mais la température l'augmente considérablement. Il combine heureusement l'usage du caoutchouc et de la gutta pour l'isolement des fils, et il invente à cet effet une ingénieuse machine. Son procédé consiste à utiliser la propriété qu'ont deux surfaces de caoutchouc fraîchement coupées d'adhérer lorsque, après avoir été rapprochées, elles sont soumises à une forte pression. De longues bandes sont soudées l'une à l'autre; on superpose de la même manière plusieurs couches de caoutchouc, en ayant soin de croiser les joints et de recouvrir le tout de gutta-percha par les procédés ordinaires.

Une des plus grosses difficultés de la télégraphie sous-marine réside dans l'art des épissures ; Siemens invente une jointure qui se pratique encore. On comprendra l'importance de ce procédé lorsqu'on saura qu'un câble transatlantique peut compter plus de deux mille soudures et que, si une seule d'entre elles venait à manquer, elle produirait une perturbation suffisante pour amener rapidement la cessation de toute communication régulière.

L'habile ingénieur a proposé plusieurs modèles de nouveaux câbles. L'un d'eux a relié la France et l'Algérie : une cuirasse extérieure flexible et inaltérable de bandes héliçoïdales de cuivre phosphoré défendait la gutta-percha des atteintes de l'eau de mer et la protégeait contre les aspérités du fond ; ce câble était maheureusement trop lourd. Siemens a construit pour le gouvernement italien un autre câble de son invention dont l'âme conductrice est faite de

(1) Les câbles transatlantiques peuvent subir en certains points une pression de 500 kilogrammes par centimètre carré.

fils d'acier. L'acier a une propriété remarquable, la ténacité; mais sa conductibilité est faible, et il faut lui donner une section six fois plus grande qu'au cuivre, pour obtenir les mêmes résultats électriques; il s'ensuit que le conducteur est beaucoup plus lourd. Du reste, l'induction augmentant avec l'étendue de la surface mise en contact avec la gaine, il faut augmenter proportionnellement la quantité de matière isolante, pour rester dans des conditions identiques. Ces désavantages militent contre l'emploi de l'acier, et le câble que nous venons de décrire n'a pu être posé que dans des eaux peu profondes et entre des rives relativement rapprochées. L'aluminium est le métal qui conviendrait le mieux, si son prix élevé n'était jusqu'ici un obstacle insurmontable.

La foudre est un ennemi des câbles. Un orage ayant éclaté à Jersey, frappa le conducteur dans sa partie aérienne; le fluide traversa les appareils et suivit la ligne sous-marine sur une longueur de 28 kilomètres; il s'échappa enfin à travers l'enveloppe isolante et mit le câble hors d'usage. Il est donc nécessaire de protéger les lignes par des paratonnerres : ce fut encore Siemens qui trouva la première solution. Son paratonnerre consiste en deux plaques de métal massives, plates et rugueuses, que l'on recouvre d'une légère couche de vernis. Une de ces plaques communique avec la terre; l'autre est dans le circuit du fil. Elles sont simplement posées l'une sur l'autre; quelques cales isolantes les maintiennent à une faible distance. La décharge d'électricité atmosphérique passe facilement à travers la couche d'air, et l'étincelle jaillit entre les rugosités les plus voisines des plaques. Ce paratonnerre simple et peu coûteux se dispose au pied du premier poteau qui relie le câble à la ligne terrestre (1).

Siemens a cherché à déterminer en 1875 la vitesse avec

(1) La plupart des renseignements qui précèdent sont empruntés au *Traité de télégraphie* de M. Blavier et au *Manuel pratique de télégraphie sous-marine* de M. Ternant.

laquelle l'électricité se propage dans les conducteurs. Wheatstone avait déjà entrepris de résoudre cette grave question, et il avait trouvé une vitesse de 463 000 kilomètres par seconde dans un fil de cuivre ; mais Guillemin et Burnouf avaient observé une vitesse beaucoup moindre, de 180 000 kilomètres, et Kirchhoff était amené par la théorie à un résultat plus faible encore ; enfin quelques physiciens estimaient qu'il n'y avait pas à vrai dire de vitesse absolue de propagation du fluide électrique. Il y avait donc lieu de reprendre ces recherches.

La méthode de Siemens repose sur l'emploi de deux condensateurs isolés, dont les armatures extérieures communiquent par un arc métallique. L'armature intérieure du premier porte une pointe métallique ; l'armature du second est reliée à une autre pointe identique, par un circuit de longueur connue. Ces deux pointes sont disposées en face l'une de l'autre, contre un cylindre métallique tournant, enduit de noir de fumée et rattaché à la terre. On décharge simultanément les deux condensateurs en mettant l'arc métallique de jonction en communication avec la terre ; l'électricité des armatures intérieures se trouve mise en liberté, et elle s'échappe par les pointes et le cylindre enregistreur, sur lequel elle marque un point. Si le cylindre était au repos, les deux repères se trouveraient sur une même génératrice ; mais, le cylindre étant mis en mouvement, on observe, entre les deux tracés, un certain intervalle, duquel il est facile de déduire le temps employé par l'électricité pour parcourir le circuit compris entre la bouteille et la pointe de décharge. Ce dispositif permet d'observer le cent-millième de seconde, et il ne paraît le céder en rien au miroir tournant de Wheatstone.

Siemens pensait que la vitesse avec laquelle l'électricité se propage doit être proportionnelle à la conductibilité spécifique du conducteur ; mais, en opérant la décharge à travers un fil de coton mouillé, il ne put constater aucun intervalle de temps entre la décharge directe et celle qui s'ef-

fectuait à travers ce conducteur si résistant ; même résultat avec un tuyau de caoutchouc de 30 mètres de long, rempli d'une solution de sulfate de zinc. Il en résulterait que la vitesse de propagation de l'électricité serait indépendante de la résistance spécifique du conducteur. D'autre part, des expériences entreprises sur des circuits télégraphiques de grande longueur semblèrent prouver d'une façon indiscutable que les intervalles observés étaient proportionnels aux longueurs des fils. Ainsi, le retard mesuré fut de 125 millionièmes de seconde pour une ligne de 25,360 mètres et de 30 millionièmes sur une ligne de 7350 mètres. Les retards n'étaient point, par contre, proportionnels aux capacités des deux lignes, égales à 0,15 et 0,06 microfarads (1). En somme, les lois de Kirchhoff n'étaient pas confirmées : la loi de proportionnalité des retards au carré de la longueur ne se vérifiait pas, et les retards observés étaient beaucoup plus grands que ceux qui résultaient du temps employé à charger le câble. Notre savant électricien en conclut qu'il y avait bien réellement une vitesse de propagation de l'électricité (2).

Le travail que nous venons d'analyser n'a assurément pas résolu entièrement la question, mais il contribuera à établir la théorie de la transmission des signaux télégraphiques ; les phénomènes compliqués qui accompagnent l'envoi et l'interruption des courants sur les fils conducteurs sont en effet une conséquence du mode de propagation de l'électricité.

La résistance des câbles était évaluée jusqu'à ces derniers temps en fonction d'une unité pratique à laquelle Siemens avait donné son nom. Il avait choisi pour type la résistance d'un cylindre de mercure pur à 0°, ayant 1 mètre de longueur et 1 millimètre carré de section : sa valeur était

(1) Pour l'intelligence de ces mesures, le lecteur se reportera avec profit à notre étude sur les *Unités électriques*, publiée dans le numéro d'avril 1882 de cette Revue.

(2) *Annales de Poggendorff*, CLVII, 309 ; 1876.

égale à 0,954 ohm ; elle équivalait à la résistance d'un fil de cuivre de 113 mètres de long sur 1,9 millimètre de diamètre à 15°. La résistance de l'isolant aussi bien que celle du conducteur se déterminait en fonction de cet étalon au moyen du galvanomètre différentiel : cette méthode, qui était très simple, a été longtemps employée par Siemens ; elle servait de base aux épreuves électriques auxquelles on soumettait le câble durant sa construction et au moment même de sa pose.

Bref, on le voit, la télégraphie sous-marine doit une partie de ses plus ingénieux procédés à sir William. Citons encore ce curieux *bathomètre*, destiné à mesurer la profondeur de la mer dans les gouffres où la sonde s'affole : il a permis de déterminer tous les contours qu'affecte le profil du fond de la mer sur le trajet du câble transatlantique. Cet instrument repose sur le principe que l'intensité de la pesanteur varie avec la densité des couches sous-jacentes : la densité de l'eau de mer étant voisine de l'unité, tandis que la densité moyenne des parties solides qui forment la croûte terrestre atteint presque 3, il en résulte que l'épaisseur de la couche liquide exerce une influence sur l'action totale de la pesanteur mesurée au niveau de la mer. Le bathomètre est un véritable dynamomètre, dans lequel l'action des forces de la pesanteur sur une colonne verticale de mercure est mesurée par les inflexions d'un diaphragme élastique d'acier. On évite la correction relative aux variations de la pression atmosphérique en y soumettant les deux extrémités de la colonne ; il ne reste qu'à tenir compte de l'influence de la latitude.

Cet instrument fut installé à bord du *Faraday*, et il fut observé dans les diverses expéditions de ce navire, spécialement employé à la pose des câbles ; les relevés qu'il permit de faire ayant été comparés aux sondages exécutés avec l'appareil à fil d'acier de Thomson, l'accord se trouva complet. Il faut observer que le bathomètre donne la profondeur moyenne d'une surface dont l'étendue

est fonction de la profondeur. Il a permis de découvrir l'extrémité perdue d'un câble par la seule connaissance de la profondeur de la mer au point où cette extrémité avait été perdue ; il paraît appelé à rendre à la marine les plus grands services (1).

III

CONVERSION ET TRANSPORT DE LA FORCE.

Le 14 février 1867, Siemens présenta à la Société royale de Londres la note suivante que nous croyons devoir reproduire en son entier, car elle marque une étape importante dans le progrès des machines électro-dynamiques :

« Depuis la grande découverte de Faraday en 1830, les électriciens ont eu recours à la force mécanique pour la production des plus puissants effets électriques ; mais le pouvoir des machines magnéto-électriques semblait dépendre en même temps de la force dépensée et de la quantité de magnétisme permanent.

» Cependant mon frère Werner m'a suggéré dernièrement une expérience qui prouve que le magnétisme permanent n'est pas nécessaire à la conversion de la force dynamique en force électrique. Le résultat obtenu par cette expérience est remarquable, non seulement parce qu'il démontre un fait inconnu jusqu'ici, mais encore parce qu'il fournit un moyen simple de produire des effets électriques vraiment puissants.

» L'appareil que j'ai employé est une machine composée de plusieurs barres de fer doux courbées en fer à cheval et entourées de fils de cuivre isolés, d'une armature mobile de fer doux entourée aussi de fils isolés, et d'un commutateur reliant les diverses bobines comme celles d'une machine

(1) Figuier, *Année scientifique et industrielle*, 1876, p. 156.

magnéto-électrique. Si l'on introduit une pile dans le circuit, l'armature se met à tourner dans un sens déterminé. Si l'on enlève la pile, et si l'on imprime à l'armature un mouvement en sens contraire de celui qu'a produit la pile, on ne constate aucun effet électrique, pourvu toutefois que les électro-aimants soient complètement libres de tout magnétisme ; en introduisant maintenant le courant d'un seul élément dans le circuit, on fera naître un certain état magnétique tel que les pôles électro-magnétiques de même nom se rapprocheront, tandis que les pôles de nom contraire s'éloigneront, puisque le mouvement est contraire à celui que tend à produire le courant de la pile.

» En forçant les pôles semblables à se rapprocher et les pôles de nom contraire à s'éloigner l'un de l'autre, on augmente la tension magnétique, et, par suite, on accroît la puissance du courant excitateur ; la résistance que l'armature offre à la rotation ira donc en croissant à chaque tour jusqu'à ce qu'elle atteigne un maximum dépendant de la force dépensée et de la conductibilité des fils métalliques employés.

» Le courant n'est nécessaire qu'un instant, pour exciter l'action magnétique, qui continue alors à s'accumuler dans la machine sans l'aide de la pile.

» Le courant cesse avec la rotation ; si l'on insère de nouveau le courant de la pile, mais en intervertissant les pôles, le courant continu produit par la machine est en sens contraire de ce qu'il était dans le premier cas.

» Au lieu d'employer la pile, pour provoquer l'action accumulatrice de la machine, il suffit de toucher les barreaux de fer doux avec un aimant permanent, ou de les placer dans une position parallèle à l'axe magnétique de la terre. Dans la pratique, il n'est même pas nécessaire de donner une impulsion extérieure à la machine ; le magnétisme rémanent de ses électro-aimants est plus que suffisant.

» La machine la plus convenable pour produire ces courants est celle que M. Werner Siemens a déjà proposée en

1857. Elle consiste en une armature cylindrique, ouverte aux deux extrémités pour recevoir le fil isolant enroulé longitudinalement, et tournant entre les pôles d'une série d'aimants permanents ; je remplace simplement les aimants par des électro-aimants. En imprimant une rotation à cette armature, on voit que la résistance augmente au point même que la courroie commence à glisser et que les fils de cuivre des bobines s'échauffent jusqu'à enflammer la soie qui les recouvre.

» Il est donc possible de produire mécaniquement les plus grands effets électriques ou calorifiques sans employer des aimants d'acier, auxquels on a objecté la perte de leur magnétisme permanent par un usage prolongé (1). »

Cette description, qui a la netteté d'une spécification de brevet, constitue pour William Siemens une véritable prise de possession. Il est vrai que le même jour Wheatstone donnait lecture à la Société royale d'un mémoire sur l'augmentation de puissance d'un aimant par la réaction qu'exercent sur lui des courants induits produits par lui-même. Ces deux puissants esprits avaient donc conçu simultanément l'idée des machines dynamo-électriques ; mais, pour être partagée, la gloire qui rejaillit sur Siemens et sur Wheatstone n'en est pas diminuée ; car cette création de leur génie a été le point de départ des découvertes prodigieuses de ces derniers temps. Wilde et Ladd n'eurent qu'à entrer dans la voie ouverte par les maîtres, et, en adoptant l'anneau de Pacinotti, Gramme a fait produire à l'idée de Siemens tous ses fruits (2).

Parmi les nombreuses machines dynamo-électriques qui se disputent aujourd'hui le vaste champ des applications industrielles, il en est une très connue qui porte encore le

(1) *Revue des cours scientifiques*, 1867, page 669.

(2) Je me permettrai de renvoyer le lecteur qui serait désireux de plus amples détails au travail que j'ai publié dans cette Revue sur la transmission de la force motrice, en octobre 1880.

nom de Siemens : le lecteur serait tenté de l'attribuer à notre savant électricien. Il est certain qu'il ne demeura pas étranger à son invention, car elle est sortie de la maison Siemens de Berlin, dont il était resté le conseil ; toutefois nous devons à la vérité de dire que M. Hefner-Alteneck prit la plus grande part à cette création, dont la propriété ne lui fut du reste pas contestée par la généreuse *dynastie* des Siemens.

Sir William, qui cherchait toujours de nouveaux et plus puissants moyens de convertir l'énergie dynamique en énergie électrique, a fait connaître une nouvelle machine en 1882 ; il l'appela *unipolaire*. Elle est fondée sur l'induction produite dans un cylindre de cuivre tournant autour d'un pôle d'aimant. Un grand électro-aimant vertical à deux branches porte autour de ses pôles deux manchons creux de cuivre mobiles ; la partie inférieure de chacun de ces manchons est reliée par un frotteur aux fils des électros. La prise de courant se fait par deux autres frotteurs isolés, communiquant avec les parties supérieures des cylindres. La force électromotrice de ce générateur n'est guère que d'un volt, mais la résistance des manchons est si faible que l'intensité du courant reste notable. On peut l'augmenter considérablement en renversant la construction de la machine : les pôles sont alors creux et ils entourent les cylindres mobiles, qu'on a fendus longitudinalement, de manière à ce que les frotteurs puissent additionner les forces électromotrices (1). Ce générateur est d'une simplicité remarquable.

Nous le voyons, la part qu'a prise Siemens aux travaux de nos électriciens contemporains est considérable, et c'est à bon droit qu'on avait écrit sous son image : *Electric Knight Light*.

Siemens s'est occupé beaucoup de lumière électrique. On peut lui attribuer une part d'invention dans cette lampe

(1) *Lumière électrique*. VII, page 321, 1882.

différentielle si heureusement exploitée par la maison Siemens et Halske de Berlin : un barreau de fer doux, mobile entre deux bobines superposées, y règle automatiquement la distance des charbons. Il a aussi contribué aux perfectionnements des lampes à incandescence. En toute occasion, il témoignait de la foi qu'il avait dans l'avenir de l'éclairage électrique, sans toutefois être jamais tombé dans cette exagération ridicule qu'on a reprochée à bon droit à quelques partisans exaltés de l'électricité. Voici en quels termes il exprimait sa pensée, dans le discours célèbre qu'il prononça en 1882, au congrès de Southampton, sur la physique générale et ses applications (1). — « La lumière électrique, disait-il, prendra incontestablement sa place dans l'éclairage public, malgré son prix de revient supérieur à celui du gaz. On la choisira de préférence pour l'éclairage des salons, théâtres, musées, églises, bibliothèques, ateliers, etc. Mais je me hasarde à dire que la lumière du gaz restera la lumière du pauvre. »

L'énergie électrique peut aussi être utilisée comme source de chaleur. Siemens ouvrit un champ nouveau aux recherches du métallurgiste en imaginant un fourneau électrique dans lequel il soumettait les métaux à la température élevée de l'arc (2). Il suffit d'un courant de 250 ampères pour fondre le platine. En moins de vingt minutes, 2700 grammes de fer forgé sont rendus liquides et peuvent être coulés dans un moule. Il a pu fondre d'un seul coup 9 kilogrammes d'acier ; le tungstène s'est carburé et a donné une fonte blanche très serrée. L'électricité jouera évidemment un jour un rôle important dans la préparation des métaux précieux (3).

L'horticulture elle-même a bénéficié des recherches de Siemens : il lui a découvert un soleil artificiel, capable de

(1) Siemens était alors président de l'Association britannique.
(2) Ce travail a été fait en collaboration avec M. Hurtington.
(3) Mémoire lu à l'Association britannique en 1880.

suppléer à l'insuffisance de l'astre du jour. La lumière électrique produit en effet la chlorophylle et peut donner aux fleurs et aux fruits des couleurs ravissantes et un goût délicieux, pourvu qu'on ait soin d'en tamiser les rayons à travers un simple verre blanc. Sir William avait réussi à pousser la végétation à outrance : des pois semés en octobre étaient mûrs en février, des fraisiers plantés le 16 décembre donnaient des fruits savoureux le 14 février, et le 10 mars il servait sur sa table des raisins exquis, qui s'étaient développés sous l'influence d'une lampe électrique d'une puissance de 4000 bougies, placée à 5 mètres du sol. Il est permis de prévoir qu'un jour l'homme saura réveiller dans la houille l'énergie solaire qui y sommeille depuis les origines de notre globe ; car, en brûlant cette houille enfouie dans les entrailles de la terre, il produira de l'électricité et fera renaître la végétation luxuriante qui a constitué le terrain carbonifère par l'amoncellement de ses précieux débris.

Que de choses deviendront possibles encore, lorsque de puissantes usines électriques distribueront dans nos villes et jusque dans nos maisons cette énergie électrique, susceptible de transformations si diverses? Siemens se proposait de faire de l'électricité un produit industriel et de la canaliser comme l'eau, l'air comprimé et le gaz. Quand on lui objectait que cette production de l'électricité hâterait l'épuisement de nos mines en augmentant considérablement la consommation du combustible, il répondait (1) en jaugeant le débit du Niagara et en démontrant que cette chute mettait 17 millions de chevaux vapeur à notre disposition : or, pour produire ce travail, il faudrait brûler 260 millions de tonnes de charbon par an, c'est-à-dire l'équivalent de la production annuelle de toutes les houillères du globe.

Pour utiliser cette immense force perdue, il faut pouvoir

(1) *On the transmission and distribution of energy by the electric current;* PHILOSOPHICAL MAGAZINE, VII, page 353, 1879.

en transmettre l'énergie à distance. Il suffirait pour cela, d'après l'audacieux électricien, d'un conducteur de cuivre de 3 pouces de diamètre, et il se faisait fort de transmettre 4000 chevaux à une distance de 30 milles. Pour distribuer l'énergie du courant, il établissait des dérivations sur le circuit principal ; ces dérivations étaient réglées par des appareils dont il donnait le dessin. Il utilisait une propriété du charbon, dont Edison a tiré un merveilleux parti : le courant dérivé devait parcourir une série de rondelles de charbon empilées, et pressées les unes contre les autres par la dilatation d'une tige d'acier échauffée par le courant. Il se trouva des incrédules qui traitèrent ces projets de rêveries ; mais les expositions d'électricité de Paris, de Londres, de Munich et de Vienne nous permettent d'espérer que bientôt on réalisera le transport de la force à distance dans des conditions économiques, et que la division de l'énergie s'opérera sans difficulté. M. Marcel Deprez, aidé par l'or des Rothschild, poursuit activement la solution de cet intéressant problème, que Siemens a été l'un des premiers à poser.

Conjointement avec son frère Werner, il eut l'idée de construire ce chemin de fer électrique qui a tant excité la curiosité aux expositions de Berlin, de Bruxelles et de Paris. Le railway ne mesurait d'abord que 300 mètres de long ; dans l'entrevoie était couché de champ un fer méplat isolé, sur lequel la locomotive appuyait par deux galets. Une machine génératrice fixe était rattachée par un de ses pôles au conducteur isolé et par l'autre pôle aux rails. La réceptrice, placée sur la locomotive, communiquait aussi d'une part au conducteur central, et de l'autre aux rails extérieurs, par l'intermédiaire des roues. Cette machine était donc dans le circuit et elle commandait le mouvement ; on lui faisait traîner trois petits wagons de voyageurs dans lesquels une vingtaine de personnes pouvaient se placer, et la vitesse atteignait 4 mètres à la seconde. L'année suivante, à Paris, la voiture automobile

de l'Exposition d'électricité transportait 50 voyageurs, soit un poids total de 9000 kilogrammes, avec une vitesse possible de 70 kilomètres à l'heure. Les curieux considéraient cette voiture électrique comme un ingénieux jouet ; mais c'était au contraire un essai fort sérieux et une innovation de grand avenir. Un chemin de fer électrique relie déjà la Cadettenschule de Berlin à Lichterfeld, qui en est distant de trois kilomètres ; Vienne construit son métropolitain, et Paris en serait doté depuis longtemps, si les édiles de la grande ville l'avaient voulu. Siemens avait collaboré, comme d'ordinaire, aux essais de son frère en y prenant une part considérable ; il fit plus, et l'on vient d'inaugurer le 14 décembre dernier, dans le nord de l'Irlande, un chemin de fer électrique de 19 kilomètres, qui a été conçu et exécuté par lui. Cette ligne relie Portrush à Bushmills ; elle est fort accidentée, à courbes raides, et l'on y trouve une rampe de $\frac{1}{38}$ sur une longueur de 3500 mètres. Trois turbines de 40 chevaux chacune, mues par les eaux de la Bush, actionnent une machine dynamo excitée en dérivation ; il suffit du reste pour le moment d'une force électromotrice de 250 volts. Le courant est conduit le long de la voie ferrée par deux fils isolés ; il se ferme par les rails eux-mêmes, qu'il est inutile d'isoler. Des accumulateurs condensent l'énergie dans les descentes pour la restituer dans les montées. Ce chemin de fer doit être prolongé jusqu'à Dervock et relié au réseau du nord de l'Irlande. Le mode de locomotion qu'a inauguré Siemens ne peut assurément pas lutter encore avec la vapeur ; cependant Edison annonçait dernièrement *urbi et orbi* la construction d'une locomotive destinée à révolutionner l'industrie des transports. Edison promet, il est vrai, souvent plus qu'il ne tient ; c'est en quoi il diffère surtout de l'illustre électricien dont nous venons de suivre la brillante carrière.

Sir William Siemens était, en effet, d'une circonspection rare et d'une réserve admirable : nul n'a su, plus heureusement que lui, faire bénéficier l'industrie des progrès inces-

sants de la science, et cependant il ne se laissait point enivrer par le succès et il conservait toujours une appréciation saine et exacte des choses. Ainsi, après avoir annoncé à Southampton, avec une extrême modestie, l'établissement de son chemin de fer électrique, il disait : « Ces machines locomotives électriques ont de grands avantages sur les chevaux et la vapeur dans les villes, dans les tunnels et partout où l'on peut employer des sources naturelles d'énergie, telles que les chutes d'eau. Mais cependant, dans l'état actuel, il serait absurde de supposer qu'elles puissent lutter avec les machines à vapeur pour les chemins de fer ordinaires. »

Cette retenue dans le succès est une caractéristique des hommes de génie.

L'Angleterre estimait sir William Siemens à sa valeur et elle lui a fait de splendides obsèques à Westminster : une pétition, en tête de laquelle le prince de Galles avait bien voulu s'inscrire, avait demandé pour lui les honneurs des funérailles publiques ; tous les hommes les plus éminents de Londres et les savants accourus de tous les points du pays voulurent accompagner sa dépouille à sa dernière demeure, où elle repose au milieu des illustrations de la Grande-Bretagne.

Le 21 novembre, le *Times* résumait par ces mots un éloquent article nécrologique :

« Tous ceux qui l'ont connu pleureront cet homme excellent, ce noble et généreux caractère, si plein d'abnégation, ardent seulement contre le charlatanisme scientifique et les entreprises déshonnêtes. Le pays a perdu en lui un serviteur fidèle, le plus distingué de tous ceux dont la vie a été consacrée au bonheur de l'humanité. Des grands hommes que possède l'Angleterre, il en est peu qui l'aient servie aussi bien que cet enfant adoptif, peu dont la vie puisse témoigner d'un aussi grand nombre de travaux utiles. »

Sir William Siemens avait les idées les plus élevées, et il comprenait la grandeur de la mission qui est dévolue au savant. S'appropriant quelques mots du poète américain Longfellow, il disait dernièrement à ses collègues de l'Association britannique : « Soyons toujours debout et travaillons ; que notre cœur soit prêt à tous les destins. Achevons l'œuvre commencée, poursuivons des œuvres nouvelles et sachons travailler et attendre. Toutes nos connaissances tendent nécessairement à un grand résultat : l'affirmation de l'existence d'un Créateur. »

Il nous plaît de terminer par cette profession de foi l'éloge de sir William Siemens.

Aimé Witz,
professeur aux Facultés catholiques de Lille.

ENCORE LES JOURS DE LA CRÉATION.

Deux ans exactement après la publication de son premier article sur *les Jours de la semaine et les Œuvres de la création*, Mgr Clifford a repris la plume sur le même sujet, dans la *Revue de Dublin* (1). C'est ce qui nous donne occasion d'y revenir encore. Notre prétention ne saurait être de résumer ici la controverse que les idées de l'évêque de Clifton ont soulevée dans la presse catholique des divers pays de l'Europe. Des circonstances sans intérêt pour le lecteur nous ont ôté toute liberté de suivre les détails de cette discussion. Nous ne l'avons guère connue que par des échos fort incomplets et par ce qui s'en reflète dans les *Nouvelles Observations* du vénérable évêque. Mais il suffit, nous semble-t-il, de la ressaisir au point même où elle reparaît dans son travail, pour y trouver encore matière à une étude intéressante. — Ce sera l'occasion de toucher à plusieurs questions que nous avons parfois entendu poser sur un certain ton d'étonnement, pour ne pas dire d'inquiétude :

Quel peut bien être, a-t-on dit, le motif de cette campagne contre l'interprétation commune du début de la Genèse ?

(1) *Dublin Review*, april 1883, p. 397.

Comment peut-il se faire que le sens de la première page de la Bible paraisse encore si peu fixé ?

N'est-il pas du moins bien dangereux d'en mettre en question le caractère historique ?

Enfin toute cette discussion a-t-elle jeté quelque lumière nouvelle sur le morceau qui en est l'objet ?

Sans traiter formellement toutes ces questions, nous espérons montrer, chemin faisant, qu'elles sont susceptibles de réponses assez favorables et d'explications rassurantes.

Ce sera d'ailleurs suivre l'exemple de Mgr Clifford que d'insister fort peu cette fois sur la théorie égyptologique par laquelle il a essayé de résoudre les difficultés du premier chapitre de la Genèse. Non point qu'il ait renoncé à cette théorie ou s'en désintéresse; il prend soin au contraire, dans les dernières pages du nouvel article, de répondre à plusieurs objections qu'on y a faites, mais sans la tirer de l'arrière-plan. Son principal objet est tout autre, comme il le dit expressément en conclusion de tout son travail :

« Mon principal objet dans les observations précédentes a été de faire sentir aux controversistes que les difficultés scientifiques soulevées par le premier chapitre de la Genèse ne se rapportent pas pour la plupart à des points de science douteux, mais à des faits scientifiques indubitables. On n'a donné jusqu'ici aucune solution complète de ces difficultés en essayant d'imposer aux expressions de Moïse un sens déduit de découvertes scientifiques modernes auxquelles personne ne songeait du temps où Moïse écrivait. La seule méthode sûre et vraie consiste à regarder les expressions de Moïse comme celles d'un homme qui n'enseigne pas la science, mais qui se sert seulement de la terminologie scientifique de son époque pour exprimer des phénomènes tombant sous l'observation, sans se prononcer aucunement pour ou contre la vérité des théories sur lesquelles cette terminologie reposait. » (P. 417).

Il nous semble bien que cette dernière phrase n'est pas exempte d'une certaine obscurité, ni même d'une sorte

d'anachronisme ; car est-on bien fondé à parler, au temps de Moïse, de théories scientifiques et d'une terminologie analogue ? Toujours est-il que Mgr Clifford est très préoccupé des difficultés scientifiques soulevées à l'occasion du premier chapitre de la Genèse et de l'insuffisance qu'il trouve dans les réponses des apologistes. Il l'avait dit plus longuement à la seconde page de son article, où il expose ainsi la question :

« Toutes les théories jusqu'ici proposées, et qui admettent le caractère historique du premier chapitre de la Genèse ont échoué dans leurs efforts pour écarter les difficultés en question. Je me suis appuyé sur cet échec pour affirmer qu'il ne peut y avoir témérité à chercher dans une voie différente une solution satisfaisante du problème. La solution que j'ai proposée peut être ou non la bonne ; mais les critiques ne donneront jamais à mes arguments leur véritable poids aussi longtemps qu'ils se persuaderont qu'il n'y a pas de difficulté réelle et que par conséquent il n'est nul besoin de solution... La théorie des périodes ne suffit aucunement à répondre aux difficultés spéciales élevées par les savants contre le premier chapitre de la Genèse... Je mentionne cette théorie (sujette d'ailleurs à quelques variantes dans des détails secondaires), parce que tous les *apologistes actuels paraissent y recourir pour expliquer les expressions de Moïse.* » (P. 398).

Quelques lignes plus haut se trouve encore cette grave déclaration : « Le conflit dont j'affirme l'existence entre la science et les expressions de la Genèse, *interprétées dans un sens historique*, ne peut être attribué à l'état imparfait, encore embryonnaire, de la géologie et généralement de la science ; *beaucoup de ces oppositions se rapportent à des faits scientifiques fondamentaux.* »

Si l'on veut bien relire les passages que nous venons de souligner, on y verra marqués les points culminants de la situation dont s'émeut le vénérable auteur. Nous montrerons bientôt, par rapport à chacun de ces trois points, ce

que nous croyons voir d'exagéré dans les expressions de Mgr Clifford. — Mais nous tenons à constater tout d'abord la pureté et l'élévation des motifs dont il s'inspire. Il n'en est point de plus dignes d'un théologien et d'un évêque; car c'est l'amour de la vérité et c'est le zèle des âmes. Voici comment il s'en exprime (p. 401 ad calc.) :

« Je dois franchement avouer que les explications proposées (au sujet des difficultés de ce chapitre) ne m'ont pas satisfait. Elles n'ont pas satisfait de savants théologiens que j'ai consultés ; elles sont impuissantes à satisfaire les besoins d'esprit, à écarter les doutes et les anxiétés d'un grand nombre d'hommes droits, de chercheurs sincères, qui respectent la religion et ne sont point hostiles à la révélation, mais qui demeurent embarrassés et arrêtés par des apparences d'opposition entre la Bible et la vérité scientifique. Il faut une réponse à ces difficultés et, si la théorie des périodes ne peut la donner, il faut chercher la réponse ailleurs. »

Voilà donc bien le point de départ des recherches de Mgr Clifford. Comme tout apologiste catholique, il est profondément convaincu que le vrai sens de la Bible ne peut être qu'un sens vrai et jamais en contradiction avec aucune vérité naturelle. Il se voit en présence d'hommes sérieux tentés de doute à cet égard, et il veut leur venir en aide. Ne parlât-il que comme témoin des embarras et des anxiétés de plusieurs esprits sincères, il mériterait d'être écouté avec un vif intérêt. Cet intérêt redouble quand on l'entend dire que, sans partager aucunement leurs doutes, il trouve comme eux très insuffisantes les réponses ordinaires des apologistes chrétiens aux objections de la science.

Quand cette insuffisance serait aussi réelle et aussi grave que le croit Mgr Clifford, nous n'en serions, grâce à Dieu, pas plus troublés que lui dans notre foi à l'inspiration de la Bible ; nous n'en serions pas même étonnés outre mesure. Il ne s'agit après tout dans le débat présent que

de détails du texte dont l'importance est minime à côté des grandes vérités doctrinales auxquelles ils servent d'expression. On ne doit pas se lasser d'insister sur cette circonstance essentielle. La théorie des périodes n'est d'ailleurs qu'une des phases diverses par lesquelles a passé dans la suite des siècles l'exégèse littérale de l'Hexaméron. Elle n'a reçu de l'Église aucune consécration dogmatique ; il est donc parfaitement permis à l'exégète qui la croit surannée et sans valeur d'en chercher une meilleure.

A tort ou à raison cependant, plusieurs esprits religieux s'inquiètent et s'alarment,— les récriminations adressées à Mgr Clifford l'ont bien montré, — en voyant mettre si résolument au rebut une théorie sur laquelle ils étaient habitués à se reposer. Ce n'est sans doute point un motif de la conserver si elle est reconnue fausse ; on devra seulement expliquer avec tous les soins convenables comment la foi n'y est nullement intéressée. Mais s'il arrivait qu'après tout la théorie ne se trouvât pas aussi mauvaise qu'on l'a cru, ne serait-il pas juste et charitable d'épargner à ces chrétiens les embarras, les malaises, dont Mgr Clifford voudrait précisément délivrer l'autre classe d'hommes sincères qu'il a en vue ? C'est pourquoi nous pensons entrer dans son esprit même en soumettant à un nouveau contrôle les arguments qu'il apporte contre la théorie des périodes.

Pour énoncer nettement les réserves que nous trouvons à faire sur ses appréciations, il suffira de nous reporter aux trois passages soulignés plus haut.

1° Il semble à Mgr Clifford que tous les apologistes actuels recourent à la théorie des périodes pour résoudre les difficultés du premier chapitre de la Genèse. Nous tâcherons de montrer clairement que plusieurs ont usé d'autres ressources, et même d'établir une distinction importante entre ceux qui recourent à cette théorie ; car beaucoup d'entre eux, le plus grand nombre peut-être, ne l'entendent pas dans l'acception étroite, servilement littérale,

pourrait-on dire, sur laquelle portent seulement la plupart des reproches qu'on lui adresse.

2° Mgr Clifford voit s'élever un conflit inconciliable entre la science et les expressions de la Genèse *interprétées dans un sens historique*. Nous craignons qu'il n'y ait ici confusion entre le *sens historique* et l'*ordre chronologique rigoureux*, qui ne préside pas nécessairement à tous les récits de l'histoire.

3° Enfin, si un grand nombre des oppositions portaient sur des *faits scientifiques fondamentaux*, les exemples choisis pour le montrer ne nous sembleraient pas efficaces, et nous en indiquerons les raisons.

Mais abordons sans plus de préambule la première de ces trois observations.

I

La théorie des périodes, que Mgr Clifford prend directement à partie, a eu pour idée mère celle de voir dans les jours de la Genèse des intervalles de longue durée et d'assimiler ces jours aux périodes successives que les sciences modernes nous découvrent dans l'histoire physique de l'univers, tout spécialement de la terre.

Elle avait pour objet de rectifier une interprétation trop étroite, non pas de la doctrine de la création, qui n'a jamais varié dans l'Église, mais de ce qui n'en est qu'une circonstance très accessoire et sans portée religieuse, à savoir la durée des œuvres créatrices, bornée, jusqu'à nos jours, par beaucoup d'exégètes à six intervalles de 24 heures. Qu'importe à la foi chrétienne que, pour séparer nettement la région des eaux terrestres de celle des nuées, et pour faire émerger les continents du sein de l'Océan primitif, la puissance divine ait employé une seconde ou une heure, un

jour, un an, un siècle, des centaines, des milliers de siècles ? Tout ce qui lui importe, c'est de sauvegarder le dogme de la création du monde par Dieu, avec celui de l'inspiration divine de la Bible Tout pleins de ces deux vérités de foi, des exégètes chrétiens, que les sciences modernes n'avaient pas éclairés sur l'histoire physique du globe, attachaient volontiers à la lettre de l'Écriture. aux six jours de la Genèse, le sens le plus simple et le plus direct dont les mots fussent susceptibles ; la soudaineté des œuvres de la création, telle qu'ils se la représentaient, pouvait ainsi donner à l'imagination des hommes une impression plus vive de la toute-puissance créatrice. Mais pour substituer aux jours ordinaires des intervalles indéfinis, la théologie n'avait à faire aucun sacrifice doctrinal. Si donc la correction ne fut pas généralement admise sans délai ni sans résistance, le scrupule venait d'ailleurs. On se souvenait des altérations arbitraires que les hérétiques avaient fait subir aux dogmes les plus sacrés, en s'étayant d'une interprétation métaphorique des mots de l'Écriture, et c'est l'absolue vérité de la parole divine que l'on voulait au fond maintenir. Cette préoccupation est encore celle de tous les théologiens qui s'attachent à expliquer, s'il arrive qu'on le conteste, comment les jours de Moïse peuvent très légitimement être entendus comme des périodes de longue durée. Nous savons, il est vrai, que Mgr Clifford a sur ce point même une objection que nous ferons bientôt connaître ; mais ce sera pour ajouter aussitôt comment elle nous paraît levée.

Supposons un moment que cette seule modification à l'interprétation plus littérale des *jours* de la création suffise pour mettre le texte du premier chapitre de la Genèse en parfait accord avec les découvertes scientifiques ; il sera juste d'avouer qu'elles ont rendu à l'exégèse un service réel, quoique d'un ordre très secondaire. Parmi les divers sens dont la lettre de l'Écriture est susceptible, sur ce point de détail, elles auront montré qu'il fallait exclure celui que,

dans ces derniers siècles, le grand nombre des interprètes étaient portés à embrasser (1).

Cependant on en est venu à trouver que ce premier degré de largeur, admis dans l'explication de la lettre, ne suffisait pas pour lui faire embrasser sans condition tous les faits acquis à la science. — Les jours de la Genèse, aussitôt qu'on les entend comme de longues périodes, présentent bien, sur plusieurs points, un parallélisme remarquable avec les époques géologiques ; mais une certaine manière de presser le rapprochement n'aboutirait qu'à détruire l'accord. Si l'on prétendait, par exemple, que Moïse, ne parlant qu'au quatrième jour de la création des astres et au cinquième de celle des animaux marins, exclut par là même l'existence des uns et des autres avant le troisième jour ou la troisième époque, qui est celle de la création végétale, *cette* théorie des périodes viendrait échouer devant les faits scientifiques. — Mais pourquoi attribuer au *mot à mot* de la Bible une autorité si impérieuse et si exclusive? pourquoi prétendre qu'elle doit tout dire et tout ranger dans un ordre chronologique rigoureux? Après avoir reconnu le sens large et métaphorique du mot *jour*, pourquoi s'attacher, comme par compensation, au sens

(1) Remarquons en passant qu'en entendant par les jours de la Genèse des périodes de durée indéfinie au lieu d'intervalles de 24 heures, on ne renonce pas à ce qui s'appelle en herméneutique le *sens littéral* de l'Écriture, mais on admet seulement, pour des raisons jugées solides, que, dans le passage en question, ce sens littéral du texte est un sens *métaphorique*. Les exemples abondent dans la Bible, comme dans toutes les littératures, d'expressions employées, par figure de style, avec une signification différente de celles qui leur sont attribuées par le dictionnaire. Lorsqu'il est dit au commencement d'un psaume : « Les cieux proclament la gloire de Dieu et le firmament publie ses œuvres, » il est assez clair que, dans ce passage, le sens littéral des mots *proclamer* et *publier* est un sens métaphorique. Le sens métaphorique est aussi le seul attribuable à mainte expression du Ps. CIII, qui est par excellence le psaume de la création : Dieu s'enveloppe de la lumière comme d'un vêtement ; il monte sur les nuées comme sur son char ; il vole sur les ailes des vents, etc. Dans le premier chapitre même de la Genèse, le sens métaphorique est évident quand il est dit que Dieu *parle*, qu'il *donne un nom* à ses œuvres, qu'il les *considère*, en *voit* la bonté, etc.

le plus rigide dont le reste du texte soit susceptible? Dans l'exégèse d'un morceau où les signes du langage poétique sont visibles et nombreux, pourquoi procéder comme dans la traduction en langage ordinaire d'une formule algébrique ?

Si certains partisans de la théorie des périodes l'entendent ainsi, nous ne prétendons pas les défendre contre toutes les objections de Mgr Clifford. —Mais c'est précisément le tort de celles-ci de n'envisager, sous le nom de la théorie des périodes, que la forme la plus étroite dont elle soit susceptible, et comme leur auteur identifie d'ailleurs la même théorie avec l'interprétation historique, il se trouve amené à rejeter l'une et l'autre.

Or, sans cesser de s'attacher à l'idée générale de concordance entre les jours du récit biblique et les longues périodes de la cosmogonie scientifique, on peut l'entendre plus largement ; on peut admettre que les grands ouvrages sommairement décrits dans le cadre des six jours n'y ont pas toujours été classés suivant un ordre chronologique absolu, mais que parfois d'autres principes ont influé sur leur groupement. Il en est plus ou moins ainsi dans toutes les histoires qui ne sont pas de simples annales ou des mémoires tenus sous forme de journal.

Tous les historiens de l'Église, par exemple, ne divisent-ils pas les cinq premiers siècles de son existence en deux grandes périodes, celle de la lutte contre les persécutions et celle de la lutte contre les hérésies, l'âge des martyrs et l'âge des Pères, et n'en placent-ils pas la limite à l'avènement de Constantin ? Personne ne les en blâme, ou ne prétend qu'ils dépouillent l'histoire de son caractère, sous prétexte que cette division logique ne cadre pas absolument avec la chronologie des faits, qu'il y a encore eu après Constantin un réveil de persécution sous Julien, ou qu'avant Constantin on peut déjà compter diverses hérésies et deux grandes légions de Pères, celle des Pères apostoliques et celle des apologistes.

Serait-on mieux venu de refuser à l'Hexaméron de Moïse tout caractère historique parce que la création végétale y serait mentionnée une seule fois, au jour, par exemple, où son développement exubérant forme le trait le plus saillant de la physionomie de la terre ? faudrait-il exiger de lui, comme d'un géologue stratigraphiste, qu'il marquât minutieusement, au moment précis, l'apparition des premières lueurs de la vie et de ses différents types botaniques ou zoologiques? et quand il aurait gardé un complet silence sur la faune des mers siluriennes déjà si riche en espèces, devrait-on en conclure qu'évidemment il ne songe point à faire l'histoire de la terre, en tant que préparée par la Providence divine à devenir la demeure de l'homme? aurait-il fallu qu'il parlât aussi de cette faune des grandes profondeurs océaniques dont nous ne soupçonnions point l'existence avant les dragages qui datent d'hier ?

Les adeptes actuels de la théorie des périodes lui attribuent presque tous, bien qu'à divers degrés, ce genre de souplesse et de largeur. Il n'a d'ailleurs rien que de très conforme à l'esprit des anciens Pères, nous en verrons bientôt la preuve ; mais on peut regarder comme un second service rendu par la science à l'exégèse celui d'en avoir mis en lumière la nécessité.

Ce qui deviendrait un abus de l'élasticité des mots, ce serait d'étendre plus loin le nom de la théorie des périodes, et de prétendre encore en couvrir une interprétation qui ne s'y rattache plus que par un fil trop délié, car elle n'a pas moins rompu que celle de Mgr Clifford avec le principe historique. Dans ce système, les jours ou périodes de l'Hexaméron ne sont plus une série réelle d'intervalles de temps ; on n'y voit plus qu'un cadre poétique où les œuvres de la création nous sont dépeintes comme remplissant la semaine du travail divin, mais en réalité dans un ordre arbitraire, purement idéal, nullement chronologique, si ce n'est par accident.

Un tel système ne pèche pas, il est vrai, contre la foi,

non plus que celui de Mgr Clifford, auquel ses plus ardents adversaires ont rendu cette justice (1). On peut même lui trouver un notable avantage sur celui du savant évêque ; c'est qu'il ne fait pas également table rase de tous les rapprochements invoqués par les systèmes précédents, et qu'il s'en assimile encore jusqu'à un certain point la substance. — Au fait fondamental, le progrès successif de l'œuvre de Dieu et le lent développement de l'univers, il emprunte la métaphore des six jours qui n'ont plus que le nom de commun avec ceux de notre semaine, auxquels ils servent de type idéal et mystique ; ils en diffèrent, comme la courte vie de l'homme diffère de l'éternité de Dieu, ou du moins

(1) Comme signe de la liberté dont jouit l'idéalisme, au point de vue de l'orthodoxie, nous remarquons que le Dr Zchokke, lorsqu'il expose sommairement ce système, dans le livre que nous citons plus loin, n'y fait aucune objection. — Or il ne garde point ce silence quand une opinion lui semble répugner à l'Écriture, et il n'est point aussi large, à ce sujet, que certains savants catholiques. On en peut juger par sa manière d'apprécier un système contraire à l'universalité, même relative, du déluge, vers lequel le P. Bellynck a penché, comme le religieux d'Omalius d'Halloy. — Après avoir exposé les arguments invoqués pour l'universalité absolue, le Dr Zchokke continue : « Quamvis multi, his argumentis ducti, universalitatem absolutam diluvii, i. e. inundationem totius superficiei terræ defendant, tamen non pauci recentiores (Pianciani, Hettinger, Reusch, Güttler, Delitzsch, etc.) universalitatem relativam tantum tuendam putant, sc. solummodo regiones terræ ab hominibus inhabitatas fuisse tectas aquis, quibus totum genus humanum deletum est, nam diluvium erat judicium divinum ob generis humani corruptionem statutum. His admissis, e deletione omnium hominum non necessario ad interitum omnium bestiarum, dissitas regiones inhabitantium, concludendum est, quæ conservari poterant. Asseclæ hujus opinionis, quæ ab ecclesia non est reprobata, interpretantur voces : « *montes sub universo cœlo*, » in sensu relativo : cœlo Noæ, i. e. montes quos Noe videre poterat, et *omnis caro* de bestiis Noæ notis. Si tamen nonnulli (Cuvier, Schoebel, Omalius d'Halloy) ulterius progrediuntur et docent, etiam nonnullos homines præter Noæ familiam, puta Indianos et Australiæ incolas (autochthonas), ex aquis diluvii servatos fuisse, hypothesis hæc sacræ scripturæ contradicit. » (Zchokke, Historia sacra Antiqui Testamenti, in-8°. Vienne, Braumüller, 2de éd., 1884.) — Ce résumé du cours d'Introduction à l'A. T. du savant professeur de l'Université de Vienne est un répertoire abondant bien qu'élémentaire de questions et de renseignements bibliques. Il peut être intéressant à consulter pour bien d'autres lecteurs que les élèves en théologie.

des siècles innombrables qui mesurent l'âge de la création. — C'est le point de contact du système avec la théorie des périodes.—Quant aux concordances chronologiques, d'une partie au moins de l'œuvre des six jours, avec l'histoire réelle de l'univers, le système idéaliste n'a aucun intérêt à les méconnaître ; il en pourra donner suivant les cas deux interprétations distinctes; ou bien, l'ordre chronologique concorde lui-même, et par nécessité de nature, avec un certain ordre logique suivi par l'écrivain sacré ; telle est l'antériorité de la terre et des éléments inorganiques sur le monde végétal, et de celui-ci sur les animaux auxquels il fournit leur subsistance; ou bien, le même écrivain aura été instruit par quelque voie que ce soit de l'ordre positif suivi par le Créateur dans certaines parties de son œuvre, par exemple, dans le dévoilement des astres, supposé postérieur à la création des végétaux. — Le système de Mgr Clifford pourrait, il est vrai, revendiquer aussi ces derniers avantages, bien qu'ils paraissent entièrement étrangers à l'intention de son auteur ; mais, sur l'interprétation des jours, il ne peut se présenter que comme une innovation radicale et absolue, non comme un perfectionnement apporté aux interprétations antérieures ; et, si ce caractère ne le condamne pas absolument, il est encore plus loin de le recommander.

En résumé, partant du sens étroitement littéral, de ce que l'on pourrait appeler le sens algébrique du texte de l'Hexaméron, nous avons vu comment on pouvait, sans violer aucun principe essentiel, étendre successivement dans trois directions différentes la base de cette ancienne interprétation, passer par les deux formes, l'une plus stricte, l'autre plus large, de la théorie des périodes et aboutir enfin à un système idéaliste qui se rapproche d'une opinion de saint Augustin protégée par saint Thomas.

De ces trois sortes d'ampliation d'une exégèse trop étroite, ainsi que l'ont montré les progrès scientifiques, la première est reconnue nécessaire par l'unanimité morale

des interprètes actuels; c'est celle que Mgr Clifford attaque comme insuffisante. Mais il ne tient pas assez compte de la seconde, que nous croyons aussi nécessaire et probablement suffisante. La troisième nous paraît licite. Il n'en tient pas compte non plus, puisqu'il lui semble que tous les apologistes recourent aujourd'hui à la théorie des périodes, c'est-à-dire, selon lui, à sa première forme.

Or, le point que nous nous étions d'abord proposé d'établir, c'est qu'en fait il y a chez les apologistes une plus grande variété d'opinions et de points de vue que Mgr Clifford ne semble penser. Pour justifier cette appréciation par un témoignage autorisé, nous ne pouvons mieux conclure qu'en citant une édition toute récente (1884) de l'*Historia sacra Antiqui Testamenti* du Dr Zchokke, professeur d'exégèse à l'Université de Vienne. Cet auteur énumère, en effet, chez les apologistes modernes, jusqu'à six théories ou systèmes relatifs à l'Hexaméron. Sur les six, il en est bien deux qui sont aujourd'hui délaissés; mais entre la théorie concordiste (ou théorie des périodes) étroite et la théorie *hymnologique* de Mgr Clifford, qui n'est pas oubliée, le savant docteur en place deux autres : l'une, dite logique ou idéaliste, a pour représentants Michaelis, Baltzer, Reusch (dans sa 4e édition); l'autre, intermédiaire entre le concordisme rigoureux et l'idéalisme, est celle de la concordance idéalisée, attribuée, outre les docteurs Güttler et Schæfer (1), au P. Hummelauer et au géologue Dawson.

On pourrait y rattacher plutôt qu'à toute autre notre éloquent apologiste de Notre-Dame, le R. P. Monsabré, qui, dans sa conférence de 1875, affirme que « l'Hexaméron biblique est un poème autant qu'une histoire. » L'orateur s'attache d'ailleurs à montrer combien l'Église a, de tout temps, laissé de liberté sur ce point aux modes d'interpré-

(1) Nous avons rendu compte dans la *Revue* des ouvrages de ces deux savants : *Les Etudes naturelles et la Bible*, par le Dr Carl Güttler (*Bibliographie*, avril et juillet 1880); *La Bible et la science*, par le Dr Bernhard Schæfer (octobre 1882 et janvier 1883).

tation les plus divers, sans en exclure l'idéalisme. Après avoir cité plusieurs systèmes fondés sur le sens historique, saint Augustin, ajoute-t-il, avouant « qu'il lui est difficile d'entendre ce que Moïse a voulu dire par les six jours, se lance dans une explication tout idéale. Selon lui, il n'y a qu'un temps inappréciable et indéterminé dans la création; les six jours désignent la connaissance angélique, en tant qu'elle correspond aux six parties de l'œuvre de Dieu. D'autres interprètes, quoique moins subtils, ne veulent pas sortir de l'ordre idéal. Les uns croient que l'écrivain sacré a voulu désigner par les six jours l'ordre logique du plan de Dieu, plutôt que la succession chronologique des œuvres réalisées par sa toute-puissance. Les autres prétendent que Moïse a ouvert le canon des saintes lettres en racontant une vision apocalyptique du passé, comme saint Jean l'a fermé en racontant une vision apocalyptique de l'avenir. Chaque journée est un tableau prophético-historique qui se déroule mystérieusement devant l'esprit du voyant; il y a autant de tableaux qu'il y a de phases principales dans le drame de la création : et ces phases sont au nombre de six parce que l'action divine doit servir de type et de mesure au labeur de l'homme; mais il est inutile de chercher à lier ensemble les tableaux par des dates, le prophète n'a pas tenu compte du temps. »

Nous ne croyons pas que la véritable interprétation de l'Hexaméron se trouve dans aucun de ces systèmes purement idéalistes. Ils peuvent cependant lui fournir des éléments plus ou moins précieux ; ils nous montrent, en tout cas, les ressources de l'exégèse, en présence de ce problème, moins restreintes que ne l'admet Mgr Clifford.

II

Des trois réserves que nous avons trouvées à faire sur les vues générales de notre auteur, nous n'avons pu exposer la première sans empiéter déjà sur la seconde. En montrant que tous les interprètes modernes ne s'attachent pas à la théorie des périodes entendue dans son sens le plus étroit, il a fallu insister sur la différence entre le sens historique du texte et l'ordre chronologique rigoureux, auquel les historiens ne s'astreignent jamais entièrement.

Cependant si Mgr Clifford a trop oublié cette distinction en pressant les difficultés scientifiques auxquelles nous réservons un troisième paragraphe, c'est sans doute à cause d'une objection préalable par laquelle toute interprétation historique de l'Hexaméron est d'avance condamnée dans son esprit. Cette objection, qui trouve ici sa vraie place, porte, plus que les autres, sur les deux formes à la fois de la théorie des périodes ; elle prétend en effet que le mot jour, dans le premier chapitre de la Genèse, ne peut admettre le sens de longue période de temps, non définie quant à sa durée. C'est dans cette persuasion que le savant évêque de Clifton a conçu son système hymnologique, suivant lequel les six jours de la Genèse sont considérés purement et simplement comme les jours de la semaine vulgaire, ou les féries du calendrier liturgique.

Voyons cependant comment il établit son objection. Ce n'est pas en prétendant que le mot jour n'est jamais susceptible du sens d'intervalle de temps indéterminé ; il cite lui-même des exemples de cette acception. Mais il en considère deux autres plus précises, celle de *jour physique*, mesuré par la présence du soleil sur l'horizon, et celle d'*unité de temps* et, par conséquent, de durée fixe, bien définie, comme est le jour sidéral pour les usages astronomiques ou le jour solaire moyen pour ceux de la vie civile.

Or, continue-t-il, « pourrait-on citer un seul passage où le mot jour soit *précédé d'un adjectif numérique*, et où il ne soit pas en même temps parfaitement clair qu'il ne signifie pas une période indéfinie, mais une unité de temps bien déterminée ?

Quand Moïse dit : « Telles sont les générations du ciel et de la terre, lors de leur création, *au jour* où le Seigneur les a faits (Gen. II, 2), » on est parfaitement fondé à admettre qu'il signifie par là l'*époque* ou les *circonstances* où Dieu fit le ciel et la terre. Mais quand Moïse parle du premier, du sixième et du septième jours, quand il dit qu' « en six jours, Dieu a fait le ciel et la terre et qu'il s'est reposé le septième, il emploie le mot jour comme unité de temps, et nous ne pouvons admettre, sans faire violence au langage, qu'il parle d'autre chose que des jours de la semaine actuelle. Que les avocats de la théorie des périodes fournissent donc un exemple dans lequel le mot jour, *précédé d'un terme numérique*, soit employé dans le sens, non d'unité de temps définie, mais de période indéterminée. Jusque-là, c'est en vain qu'ils demanderont aux adversaires de la révélation d'accepter une interprétation dépourvue de tout appui d'autorité et en opposition flagrante avec l'*usus loquendi* universel (pp. 400-401). »

Telle est donc la difficulté, revêtue de toute la force que peut lui prêter la conviction du vénérable auteur. Sans connaître cependant d'exemple tel qu'il en demande, et en laissant cette recherche aux érudits qu'elle tenterait, il nous paraît possible de lui faire une réponse satisfaisante. Que les six jours de Moïse soient ceux d'une semaine, nous ne le contestons aucunement, mais cette semaine n'est pas la nôtre; elle n'en prend le nom que par métaphore, et cette métaphore, au lieu de porter directement et explicitement sur le mot de *semaine*, étranger au Pentateuque, porte sur la distinction des six jours qui correspondent à nos jours de travail. Les longues périodes du travail divin sont nommées premier, second, troisième... sixième jours parce

qu'elles sont les types des jours de notre semaine ouvrière, comme la période du repos divin est nommée septième jour, parce qu'elle est le type du sabbat. Si après le premier verset, « Au commencement Dieu créa le ciel et la terre », Moïse avait ajouté : *Or il les fit en une semaine, qu'il couronna par le jour du repos, et voici quelles furent ses œuvres aux six jours de cette semaine :* le premier jour il créa la lumière etc., assurément la sublime concision de son style inspiré en eût été affaiblie, mais nous n'aurions point dit qu'il fit violence à l'esprit de la poésie sacrée. Sous-entendons maintenant la paraphrase que nous avons mise en italiques, mais gardons-en le sens dans l'esprit, et lisons tout le chapitre à la lumière de cette idée générale. Il nous semble aisé de le faire sans transgresser les règles du langage, ni l'hypothèse de la théorie concordiste.

Avec cette théorie, le sens historique du premier chapitre de la Genèse nous paraît donc encore sortir sain et sauf du défilé que Mgr Clifford prenait pour une impasse et, s'il échappe de même aux autres obstacles qu'on signale sur sa route, nous nous en féliciterons. Les ennemis de la révélation propagent aujourd'hui tant de sophismes subtils contre l'authenticité, le caractère historique et l'infaillible véracité de nos livres saints, ces opinions téméraires et pernicieuses s'insinuent à divers degrés dans l'esprit de tant de chrétiens pour y miner les fondements de la foi, que nous devons accueillir avec joie toute lumière qui en fait resplendir l'inébranlable fermeté.

Or, dans l'état actuel de la controverse, une démonstration du caractère historique de l'Hexaméron serait des plus efficaces à ce point de vue ; il est donc bien légitime de la souhaiter, de la chercher, sans inquiétude et sans précipitation cependant. Outrer la portée de preuves douteuses serait une imprudence autant qu'une infidélité aux lois de la vérité, un manque de confiance en la divine Providence, qui nous ménage en tout temps des clartés bien suffisantes pour orienter notre foi à l'inspiration des saints livres.

Plusieurs esprits, dont la soumission parfaite à l'autorité de l'Église n'est pas douteuse, se sentent aujourd'hui portés vers les interprétations idéalistes de l'Hexaméron ; le vénérable évêque de Clifton est du nombre, et il peut encore être besoin d'une plus ample discussion pour mettre clairement la vérité en son juste point.

Après quelques oscillations que nous avouons sans peine, en un sujet où saint Augustin lui-même confessait sa perplexité, nous sommes aujourd'hui de plus en plus porté à croire que la vraie route se trouvera, non dans le terre à terre du littéralisme extrême, ni dans les espaces trop vagues d'un idéalisme absolu, mais dans une juste alliance des principes des deux systèmes. La liberté laissée à leurs partisans respectifs de les discuter contradictoirement prépare cette solution.

Rien ne peut être plus spécieux en faveur de l'idéalisme que le penchant bien connu de saint Augustin pour ce système, et la préférence avouée que lui donna pour un temps l'esprit si pondéré de saint Thomas lui-même. Ce dernier cependant a paru en revenir, et peut-être pourrait-on se l'expliquer ainsi. A prendre isolément le texte de l'Hexaméron, il serait susceptible de cette interprétation. Quelque simple et précise qu'y paraisse d'abord la forme historique, on découvre en ce texte, analysé de plus près, tant de métaphores dans les expressions, tant de largeur dans le sujet, qui embrasse la création entière, puis, dans la manière de le traiter, des touches si simples et des effets si puissants qu'on se demande jusqu'à quel point s'étend ce caractère de sublime poésie qu'y revêt l'inspiration. Envisageant l'Hexaméron à ce point de vue, on en peut venir à douter si la forme historique n'y serait pas une simple forme de style poétique, un cadre idéal, dans lequel l'écrivain sacré nous a tracé le tableau de la création. Pour peu que l'esprit soit alors dominé par les grandes vues philosophiques dont le texte est une source féconde, ou par certaines difficultés scientifiques aux-

quelles on n'aperçoive point d'autre solution, facilement on inclinera pour une interprétation tout idéaliste.

On aura peine à s'y fixer cependant, si l'on cesse de regarder l'Hexaméron comme un morceau détaché, si l'on considère les liens étroits et les transitions insensibles qui le rattachent à l'histoire du premier homme, puis à celle de ses premiers descendants et aux chapitres de la Genèse d'où le style poétique s'efface de plus en plus pour faire place aux traits précis de l'histoire la plus positive. Les Pères et les anciens interprètes, en l'absence de préoccupations spéculatives ou critiques, ont eu le sentiment immédiat de cette solidarité de toutes les parties, et n'ont pas hésité à regarder comme historique le premier chapitre même de la Genèse ; saint Thomas en est revenu à leur sentiment et à leurs raisons, malgré toute l'influence qu'exerçait sur lui la grande autorité de saint Augustin. Mais il a du moins retenu de ses tendances spéculatives un principe qui demeure digne de toute notre attention : c'est celui du parallélisme, si remarquable dans le récit de Moïse, entre les œuvres des trois premiers jours et celles des trois derniers. Il est très légitime aujourd'hui d'y rattacher cette idée, que l'ordre chronologique tout seul n'a pas déterminé la marche que suit l'historien sacré.

La solidarité de toutes les parties de la Genèse est d'un si grand poids dans la question, que les partisans actuels de l'idéalisme appliqué à l'Hexaméron sentent le besoin de détacher autant que possible ce morceau du corps du livre et de le placer dans un rang à part. « Ils prétendront, suivant l'expression du P. Monsabré, que Moïse a ouvert le canon des saintes lettres en racontant une vision apocalyptique du passé, comme saint Jean l'a fermé en racontant une vision apocalyptique de l'avenir. » Ou bien, comme le P. Cornely, cité par Mgr Clifford, ils diront que le premier chapitre de la Genèse est pour le Pentateuque un prologue poétique auquel correspond comme épilogue le cantique de Moïse au 32e chapitre du Deutéronome.

Ces rapprochements ingénieux ont un côté séduisant ; mais il n'en faut pas outrer la portée. Au lieu de se substituer au sens historique, ils ne serviront probablement qu'à en préciser l'application. Ils aideront à expliquer l'influence que divers points de vue, subordonnés à celui de l'enseignement religieux, ont exercé sur le style de l'historien inspiré. Nous y reviendrons avant de conclure.

Ce qu'il paraît encore juste de faire remarquer ici, c'est qu'on doit s'attendre à trouver le style de l'histoire d'autant plus large et plus imprégné d'une sainte poésie qu'on remonte plus haut vers les origines du monde et de la Bible ; du moins ne doit-on être aucunement surpris de lui trouver ce caractère. Quels faits et quels récits peuvent être plus féconds en religieuses émotions, que ceux qui nous ramènent au berceau de notre race, à la source de ces relations intimes et mystérieuses que la création et la grâce, la tentation, la chute, la promesse du Rédempteur ont établies entre nous et notre invisible auteur. — Que leur narrateur inspiré les ait racontés en un style d'une simplicité sans égale, c'est un signe que l'Esprit divin parlait par sa bouche ; mais on en peut voir un second dans la profondeur des vues et des sentiments qu'éveille en nous ce style si simple ; il n'a rien de commun avec la froide précision et la rigueur étroite de nos petites sciences humaines, soit historiques, soit naturelles ; celles-ci n'atteignent le plus souvent les vérités spéciales dont elles font leur objet que par une dissection qui détruit la vie.

Cette observation, tirée du sujet de l'Hexaméron, se fortifie d'une autre, relative à ce qu'on peut appeler le mode d'inspiration dont il est issu. En effet, l'inspiration, qui pousse les auteurs sacrés à la composition des saints livres, et leur prête pour cette œuvre une assistance infaillible, ne les en dirige pas moins par des voies très différentes. Parfois, elle leur fait exploiter des documents écrits et peut laisser à leur charge un laborieux travail de compilation, d'arran-

gement, d'abréviation, de critique ; elle assure alors la justesse de leurs résultats et la sainte fécondité de « ces sueurs et de ces veilles » dont parle d'expérience l'auteur du deuxième livre des Macchabées. D'autres fois, Dieu les instruit par des révélations toutes surnaturelles, leur montre des visions que n'a jamais contemplées l'œil humain, leur met dans l'esprit des paroles précises, qui n'ont jamais frappé aucune oreille, et dont ils ne doivent être que les fidèles transcripteurs. Sans sortir même des livres de Moïse, on trouve bien des exemples de la diversité des voies par lesquelles il a connu les vérités qu'il fut inspiré de nous transmettre. Souvent, il est lui-même le témoin immédiat et l'acteur principal des événements qu'il raconte ; il en tient d'autres, comme l'histoire de Joseph et de ses frères, d'une tradition de famille dont son texte respire encore toute la fraîcheur. Pour des événements plus reculés vers les origines de la race humaine, on peut croire qu'il utilisa des écrits ou récits de nature diverse, peut-être jusqu'à des traditions surchargées par la légende, et qu'il eut mission d'épurer d'un grossier alliage ; mais toujours le rayon d'en haut l'éclaire ; parmi les alluvions de l'imagination populaire, il lui fait discerner le diamant de la vérité religieuse et l'or pur de l'histoire qui doit servir à l'enchâsser. Auprès du divin ouvrage, dont il est l'artisan docile, les traditions païennes n'en paraîtront plus que des parodies vulgaires. Or quand il s'agit de l'Hexaméron, l'influence du témoignage humain s'efface plus que jamais de son œuvre. Il peut sans doute encore être instruit par la tradition ; mais cette tradition même découle d'une source surnaturelle, puisqu'il s'agit de temps et de faits qui précèdent la création de l'homme et qu'il n'a pu connaître que par révélation. — Rien d'étonnant donc, à ce point de vue encore, que le style de cette page, unique en son genre, s'écarte plus que jamais des allures ordinaires du style historique, précis et circonstancié, portant l'empreinte de ces détails qui frappent l'attention de l'homme. Moïse est élevé

à des hauteurs où ils disparaissent. En nous traçant un tableau grandiose de l'œuvre de la création, il reste assez historien pour ne jamais enfreindre la vérité des faits et pour nous introduire, de plain pied, dans un livre dont la trame est historique ; mais la fin de ce livre est toute religieuse et, plus que partout ailleurs, elle prédomine dans cette introduction sur les particularités matérielles dont nos sciences se préoccupent.

L'histoire à laquelle il touche est celle du monde visible, et surtout de la terre, sur laquelle Dieu va créer l'homme. L'astronomie et la géologie travaillent aujourd'hui à ressaisir dans cette histoire l'enchaînement des causes physiques et la série des phases que le monde a traversées. Moïse, par voie surnaturelle, a connu de cette histoire tout ce qui était nécessaire pour ne jamais contredire les découvertes certaines de la science, peut-être pour toucher parfois, avec une justesse miraculeuse, des points qu'elle ne devait atteindre que par des labeurs séculaires. Mais il n'en serait pas moins faux de vouloir assimiler son récit de la création à un sommaire anticipé de cosmogonie scientifique ; les fins sont trop différentes.

Aussi sommes-nous heureux d'adhérer, sur ce point, à plusieurs réflexions judicieuses de Mgr Clifford. « Les apologistes modernes, dit-il, préoccupés d'attribuer à la Bible l'excellence scientifique, ont voulu attacher aux expressions d'auteurs anciens de plusieurs milliers d'années des significations inconnues au langage de l'humanité jusque dans ces derniers siècles. C'est revêtir David de l'armure de Saül ; mais ce n'est pas par de telles armes qu'on renversera les Philistins. » (P. 406).—« Si Dieu a révélé aux auteurs sacrés des faits naturels, d'ordre scientifique et sans portée directe pour la foi ni la morale, comment s'expliquer que jamais les hommes ne soient arrivés à la connaissance d'un seul de ces faits par le moyen de cette révélation supposée ? Quelqu'un osera-t-il affirmer, avais-je demandé, que l'étude de la Genèse a conduit à la

découverte d'un seul fait géologique ? Or, cette question a causé une sorte de surprise et d'indignation. — N'est-ce pas un fait *géologique*, m'a-t-on dit, que l'homme est dans l'ordre des temps le dernier venu de la création, et que ses restes ne se trouvent que dans les dépôts les plus récents? — Assurément, c'est un fait géologique que l'homme est le dernier venu de la création ; mais comme nous trouvons cette vérité enseignée en Chaldée, pour ne rien dire des autres peuples, longtemps avant la naissance de Moïse, je ne saurais voir comment l'étude de la Genèse a pu conduire à sa découverte (1). Quant au fait géologique que les restes de l'homme se trouvent seulement dans les dépôts les plus récents, je ne sache pas qu'il y soit fait dans la Genèse une allusion quelconque. — N'est-ce pas, a-t-on ajouté, un principe de physique que la lumière est distincte des corps lumineux ? — Que la lumière résulte des ondulations d'une substance impondérable, répandue dans l'espace et désignée sous le nom d'éther, c'est *une théorie* qui a reçu l'approbation de beaucoup de savants et qui a joui d'une grande faveur dans notre siècle. Mais des observations récentes sur la lumière des étoiles ont ébranlé chez plusieurs la foi à l'existence de cet éther. Quoi qu'il en soit d'ailleurs, les premiers auteurs de cette théorie n'en ont point puisé l'idée dans aucune assertion de la Genèse, et au moment actuel, il n'est point d'appel à la Genèse qui puisse être de la moindre utilité pour résoudre la question de l'existence de l'éther.... » (P. 407).

« Ce n'est pas la Genèse (p. 408) qui a conduit les hommes à la découverte des faits géologiques ; mais c'est

(1) S'il reste définitivement établi que les textes cunéiformes relatifs à la création sont antérieurs à Moïse, il sera clair que ce n'est point l'étude des livres de Moïse qui en a rien révélé aux auteurs chaldéens ; mais il en peut être autrement par rapport à nous, pour qui ces mêmes textes ne sont connus que d'hier.— Ils ne représentent d'ailleurs qu'une version humaine, et plus ou moins altérée, de la tradition primitive, dont Moïse, sous la conduite infaillible de l'inspiration, nous a rendu la pure substance.

la découverte des faits géologiques, par le moyen de la science, qui a forcé les hommes à modifier leurs interprétations de la Genèse. Il y a abus de langage à dire que, « si les paroles de la Genèse avaient été bien méditées et justement interprétées, de telles vérités auraient été connues bien des siècles avant l'époque où elles furent réellement découvertes par les astronomes, les géologues et les physiciens. » Si les hommes n'avaient pas découvert, indépendamment de la révélation, que le soleil est le centre de notre système astronomique, et qu'il est par conséquent impossible que la terre ait existé et ait été couverte de végétation longtemps avant la création du soleil, il n'est pas de méditation si approfondie des paroles de la Genèse, dont ils eussent pu déduire ce fait. — A mesure que le cours du temps se déroulera, dit-on encore, nous trouverons indubitablement beaucoup d'autres vérités naturelles contenues dans l'Écriture, que nous sommes actuellement incapables d'y déchiffrer. — Qu'est-ce à dire, sinon que, quand l'homme, par l'usage de sa raison, aura découvert d'autres vérités naturelles, nous trouverons une manière d'interpréter les paroles de l'Écriture qui les mettra d'accord avec les nouvelles découvertes. Mais, jusqu'à ce que ces découvertes aient été opérées par la raison, il faut nous avouer incapables de déchiffrer ce que l'Écriture nous en dit. »

Si ces réponses de Mgr Clifford à ses contradicteurs paraissaient sur quelques points un peu trop absolues, on y trouverait le correctif dans un passage qui les suit de près et que nous devons encore citer ; on verra bientôt dans quelle intention. « Il est dit dans la Genèse, lui a-t-on encore objecté, que la terre a été, *pour un temps*, déserte et vide, que les ténèbres couvraient la face de l'abîme et que l'esprit de Dieu planait sur les eaux. Or, les particularités ainsi mentionnées ont-elles réellement eu lieu ou non ? Si l'on dit non, pourquoi sont-elles mentionnées comme si elles avaient eu lieu ? Est-il permis d'imaginer des fables et de

les enregistrer comme des faits? » « Je réponds, dit l'évêque de Clifton, que, sans aucun doute, ces choses ont eu lieu et qu'il y a de très bonnes raisons pour qu'elles soient rapportées en cette place. Moïse ne nous enseigne pas seulement que Dieu a fait le ciel et la terre, mais aussi que tous les êtres qu'ils renferment sont l'ouvrage de ses mains. La terre est aujourd'hui remplie d'êtres innombrables, arbres, moissons, bestiaux, oiseaux, hommes ; mais il n'en aurait jamais pu être ainsi sans Dieu. Jusqu'à ce qu'il eût rempli la terre, elle était déserte et vide... Dieu l'a-t-il remplie d'un seul coup ou par degrés, en quelques jours ou dans la durée d'innombrables siècles? Les objets dont il l'a remplie ont-ils reçu l'existence par des actes distincts de la puissance créatrice de Dieu ou bien ont-ils été formés, de la matière primitivement créée par Dieu, sous l'action de forces également créées par Dieu et mises en œuvre par des lois dont il est aussi l'auteur (ce que nous appelons lois de la nature)? Ce sont des questions ouvertes à la spéculation philosophique, mais sur lesquelles Moïse se tait. Les Égyptiens considéraient l'eau, surtout avec le concours du soleil, comme l'une des principales sources de la vie sur la terre. Mais elle ne peut rendre compte de l'apparition première des êtres qui ornent aujourd'hui ce globe. Quelle qu'ait été la condition primitive du vaste abîme qui environne la terre, il était impuissant, par lui-même, à produire aucun être, vivant ou non. Notre terre, après avoir reçu l'existence d'un créateur tout-puissant, serait à jamais restée déserte, vide et ténébreuse si l'esprit de Dieu n'avait « couvé de ses ailes l'abîme obscur », et communiqué à la terre et à l'eau le pouvoir de produire les plantes, les animaux et tout ce qui fait aujourd'hui la plénitude et la beauté de la terre. Ce ne sont point les faux dieux, ce ne sont point les forces spontanées de la nature, mais c'est l'Esprit du Seigneur qui a rempli toute la terre. En tout ceci Moïse n'enregistre pas des fables, mais il enseigne un article de foi ; ses assertions sont d'ailleurs entière-

ment indépendantes de tout ce que la géologie ou l'astronomie peuvent nous dire, concernant l'état originaire de notre planète ; elles sont également vraies, que la création du monde ait occupé six jours ou bien des millions d'années. Elles ne sont pas en conflit avec des vues scientifiques. Elles en font abstraction. » (P. 410).

Dans cette page de Mgr Clifford, qu'il a paru utile de citer assez au long, nous distinguons trois points sur lesquels le savant prélat professe nettement les opinions suivantes :

1° Un fait de l'ordre matériel et physique est indubitablement exprimé par le second verset de la Genèse ; c'est le fait de l'existence de la terre dans un état primitif où elle était dépourvue de toutes les beautés et de tous les êtres vivants qui ont depuis orné sa surface.

2° Ce fait physique n'est pas un fait scientifique.

3° Ce fait est le principe d'un enseignement religieux, pour l'expression duquel il est d'une grande importance.

Voici maintenant quelques remarques suggérées par chacune de ces assertions :

1° Par la première, Mgr Clifford paraît montrer à sa manière, combien il est difficile de se soustraire à l'impression que le sens de l'Hexaméron est historique. Si peu prévenu qu'il se trouve être en faveur d'un tel sens, et quelque résolution qu'il montre à l'éliminer du récit des six jours, il le reconnaît sans détour dans le verset qui sert d'exorde à ce récit. A l'inverse de ce qu'il admet pour le reste de la Genèse, dont le corps historique est précédé selon lui d'un prologue poétique, dans ce prologue même le point de départ est historique. On pourrait trouver ici l'emploi de ce dernier mot un peu excessif; nous le trouverions nous-même, si le sens n'en avait été déterminé par la discussion dont il a été l'objet. Quoi qu'il en soit, on reconnaît que la terre a réellement passé par un état physique décrit par certains traits qui lui font souvent donner le

nom de chaos. On reconnaît qu'aucun être vivant n'avait encore fait alors son apparition à sa surface. N'est-on pas mis sur la voie d'entendre que, lorsque la lumière paraît, lorsque les eaux se séparent, lorsque la terre ferme émerge, lorsque les habitants de la mer, de l'air et de la terre sont créés, ce sont encore là autant de faits physiques, et qu'ils se succèdent (au moins à certains égards et en général) dans l'ordre où ils sont relatés ? Au surplus, Mgr Clifford n'aurait sans doute jamais hésité à l'entendre de la sorte, s'il n'y avait vu des difficultés scientifiques insurmontables, que nous aurons à apprécier dans un paragraphe suivant.

2° C'est donc un fait que la terre a passé par un état de chaos ou, pour nous borner à un seul trait bien précis, par un état dans lequel elle ne portait, ni ne pouvait porter aucun des êtres vivants qui y ont depuis été créés ; ce fait, que Mgr Clifford reconnaît exprimé dans le second verset, n'est pas à son avis un fait scientifique. Nous n'avons aucun goût pour les disputes de mot ; mais il est difficile de ne pas appeler ainsi ce fait, auquel on a souvent attaché, dans la question, une importance capitale. Si « c'est un fait géologique », ainsi que Mgr Clifford l'a expressément déclaré un peu plus haut, « que l'homme soit dans l'ordre chronologique le dernier venu des êtres créés », comment n'est-ce pas aussi un fait géologique que la création des plantes et des animaux ait été précédée d'un état de la terre où celle-ci était encore impropre à les recevoir? Indépendamment de la Genèse, la géologie possède aujourd'hui ses arguments spéciaux pour établir ce fait ; il peut vraiment être appelé un fait géologique et un fait scientifique, ce qui n'empêche pas, de l'aveu de Mgr Clifford, qu'il ne soit aussi un fait révélé. Le caractère de fait scientifique, légitimement appliqué, n'est donc pas encore le *shibbolet* auquel on distinguera sûrement les sens qui peuvent être admis dans la Genèse de ceux qui ne peuvent pas l'être. Nous sommes très convaincus avec

Mgr Clifford que la Bible n'a jamais pour fin de nous révéler des faits scientifiques *comme tels;* mais ne reconnaît-il pas avec nous qu'elle peut accidentellement exprimer de tels faits dans l'intérêt de ses propres fins? Si Moïse écrivant l'Hexaméron a connu le chaos, il a connu un fait physique, inaccessible alors à ses moyens naturels d'investigation, et qui, de nos jours, est devenu un fait scientifique.

Il est d'ailleurs assez curieux de remarquer comment un même fait peut, suivant les temps et les circonstances, tantôt acquérir et tantôt dépouiller ce caractère scientifique. L'unité de la famille humaine, par exemple, en était dépourvue, aussi longtemps que les descendants du premier homme, groupés autour de leur berceau, pouvaient y remonter et connaître, par une tradition récente, la parenté qui les unissait; c'était alors un fait d'évidence vulgaire; aujourd'hui, pour ceux qui font abstraction de la tradition chrétienne, l'unité de l'espèce humaine est devenue un fait scientifique, dont la démonstration exige de longues et délicates études. Dans un sens tout contraire, la forme et le mouvement de rotation de la terre ont été, dans leur temps, des vérités de science transcendante, et ce sont aujourd'hui chez nous des vérités vulgaires, non seulement parce que la connaissance en est devenue générale, mais aussi parce que la démonstration, une fois bien mise en lumière, est devenue accessible et presque intuitive pour les plus simples esprits.

Sans incidenter davantage sur cette digression, qu'il suffise de constater qu'un fait de l'ordre physique, le chaos primitif, paraît clairement exprimé dans le second verset de la Genèse.

3° Mgr Clifford se l'explique et nous l'explique par l'intérêt que ce fait présente pour un enseignement religieux. Il sert à l'écrivain sacré à faire très clairement ressortir cette vérité « que Dieu n'a pas seulement fait le ciel et la terre, mais que tous les êtres qu'ils renferment sont aussi

l'ouvrage de ses mains. » L'utilité d'un fait pour les fins religieuses qui sont toujours celles des saintes Écritures, nous paraît être en effet le caractère le plus essentiel à considérer dans la question présente ; il importe assez peu que le fait soit de l'ordre physique ou de l'ordre moral, relatif à la nature extérieure ou à l'histoire humaine, accessible ou non à la raison vulgaire ; Dieu peut aussi bien révéler à ceux qu'il inspire le passé de la terre que l'avenir de son peuple ou l'avènement de son Fils ; il suffit que cette révélation soit utile à notre foi religieuse, au profit de laquelle il inspire les auteurs sacrés.

Mais, pour en revenir à l'Hexaméron, peut-on dire qu'il soit absolument indifférent à notre foi d'y trouver un récit historique ou un simple tableau descriptif de la création du monde ? A un certain point de vue abstrait on pourrait le dire. Mais il n'en est plus de même, quand on considère le premier chapitre de la Genèse dans la situation réelle qu'il occupe par rapport au corps de ce livre, du Pentateuque entier et de tout le canon des saintes Écritures. Il y aurait sans doute une grande exagération à dire que du sens historique de l'Hexaméron dépend celui de tout le reste ; mais il est très certain que, si ce sens historique est bien démontré, celui des chapitres suivants en reçoit immédiatement une confirmation puissante, et qu'il est coupé court à une foule d'arguties tendant à l'ébranler. Cette fin nous paraît d'une utilité religieuse très suffisante pour rendre vraisemblable une révélation faite à Moïse, médiatement ou immédiatement, de certains grands faits naturels.

Cette interprétation largement historique et concordiste de l'Hexaméron est celle à laquelle se rangeait le P. Monsabré lorsque, voyant les choses de haut, il disait en 1875 : « Je prétends que l'accord est fait entre les deux livres de Dieu, la nature et la Bible, » et lorsqu'il appuyait son affirmation par cet exposé sommaire de leurs concordances : « La science nous apprend que tout, à l'origine,

était confusion et ténèbres sur la terre ; l'Écriture nous dit que la terre était déserte et vide, et que les ténèbres planaient sur la surface de l'abîme. La science a constaté que la lumière est un fluide indépendant des corps lumineux ; l'Écriture signale l'apparition de la lumière avant l'apparition des astres. La science nous représente le globe primitif noyé dans les eaux, à l'état liquide et vaporeux ; l'Écriture nous parle des eaux d'en bas et des eaux d'en haut. La science nous dit que les terres fermes ont apparu à une certaine époque ; l'Écriture nous montre Dieu rassemblant les eaux en un seul lieu et découvrant l'élément aride. La science nous enseigne que la vie a été précédée d'une période de mort ; l'Écriture place au troisième jour l'apparition de la vie. La science observe un ordre progressif dans les productions vivantes, depuis les végétaux les plus imparfaits jusqu'aux animaux les plus parfaits ; l'Écriture décrit cet ordre à larges traits. La science affirme, sur les données expérimentales, que toute la vie n'a pas été produite en même temps ; l'Écriture nous enseigne que Dieu a employé trois époques à la production de la vie. Enfin la science dit que l'homme est venu vers les derniers temps prendre possession de son royal domaine; l'Écriture nous raconte en dernier lieu la création de l'homme, qui couronne l'œuvre de Dieu, sans que l'on puisse affirmer cependant que Dieu se soit imposé de ne plus créer après lui des êtres moins parfaits. Voilà, Messieurs, les grandes lignes d'accord sur lesquelles doit se porter toute notre attention. Entre ces lignes se glissent des difficultés plus ou moins sérieuses ; mais ces difficultés ne peuvent pas constituer une contradiction réelle et irréformable si, comme nous l'avons dit plus haut, on tient compte des incertitudes de la science et de la nature du récit mosaïque, essentiellement populaire, poétique et dogmatique. »

Sur ce dernier point, dont l'importance est capitale pour une saine appréciation du texte, le passage suivant de la

même conférence est encore plein d'à-propos : « L'Hexaméron biblique est un poème autant qu'une histoire. Action dramatique, strophes, refrains, rythme, parallélisme, rien n'y manque. Quel pouvait, quel devait être le but de ce poème? De provoquer un mouvement scientifique? Évidemment non, mais d'instruire le peuple des vérités fondamentales de l'ordre religieux et moral, de l'obliger à l'adoration et à la reconnaissance, en lui montrant Jéhovah auteur, ordonnateur et conservateur de toutes choses, de le préserver de l'idolâtrie, en lui rappelant que toute créature a sa raison d'être dans une cause supérieure, que toute créature est destinée à servir l'homme, couronnement et chef-d'œuvre de la création, et non pas à être servie par l'homme. Pour dire cela au peuple, messieurs, il faut, comme le remarque saint Thomas, un langage populaire, de grandes figures qui parlent à l'imagination en peignant à larges traits ce qui apparaît aux sens ? Tel est le langage du récit génésiaque. Vous lui demandez en vain l'exactitude scientifique, il ne vous la doit pas. Il ne vous parlera ni de soulèvements, ni d'alluvions, ni d'actions physiques, mécaniques ou chimiques, ni de stratifications, ni de règnes, embranchements, groupes, classes, ordres, familles, genres, espèces, variétés ; mais ce que vous considérez comme des écarts de langage sera précisément ce qu'il fallait dire, et vous auriez tort de chercher, à la superficie du texte, une contradiction que vous ne trouverez pas assurément dans ses profondeurs. »

III

Ces belles considérations, qui nous paraissent aussi solides qu'elles sont élevées, ne sortent point de notre sujet. Elles mettent en une lumière, qui ne sera jamais trop vive,

l'esprit dans lequel les saints livres sont écrits et dans lequel il faut les lire. Si l'on aborde cette lecture avec de tout autres préoccupations, on en faussera le sens; il ne sera pas étonnant alors qu'on le trouve en désaccord avec les vérités naturelles, particulièrement avec celles que nous appelons scientifiques.

Mgr Clifford partage assurément cette manière toute religieuse d'envisager l'Écriture; mais, frappé des dangers et de l'impuissance d'une exégèse servilement littérale, il est passé à l'extrême opposé. Pour n'avoir pas assez considéré, croyons-nous, les ressources légitimes et fécondes d'un mode d'interprétation plus large sans être purement figurée, il a déclaré, dans des termes dont on se rappelle l'énergie, qu' « il y a opposition entre la science et les expressions de la Genèse, si on les interprète dans un sens historique, et que beaucoup de ces oppositions portent sur des faits scientifiques fondamentaux. » Pénétré de cette idée, il l'a développée avec tant de zèle que nous avons vu d'excellents esprits fortement impressionnés par la lecture de son article, où les arguments scientifiques et exégétiques sont accumulés avec une sincérité manifeste et une chaleur communicative.

En commençant à guerroyer contre les uns et les autres, qu'on nous permette de protester une bonne fois contre tout esprit d'irrévérence ou de chicane. Rien ne serait plus contraire que de telles intentions à nos goûts, à nos principes, à nos sentiments de profond respect pour un si digne évêque. Si dans sa dialectique il ne s'est point assez gardé de certaines illusions, nous sommes bien loin de nous croire à l'abri de pareilles surprises, et nous en concluons seulement, une fois de plus, avec quelle circonspection il convient d'aborder des questions si délicates et si complexes qu'on ne peut jamais s'assurer de les avoir envisagées sous tous les aspects.

Cette dernière partie de la discussion pourra paraître à plusieurs bien aride et bien minutieuse; mais en quel ordre

de recherches avance-t-on vers la vérité sans préciser les idées et serrer les raisonnements?

Se proposant de montrer que toute interprétation de l'Hexaméron fondée sur le sens historique est en contradiction avec les découvertes de la science, et que « beaucoup de ces oppositions portent sur des faits scientifiques fondamentaux », Mgr Clifford ne s'attache dans son article qu'à un seul point du récit des six jours ; évidemment on doit penser que nulle part il ne voit la contradiction plus flagrante, et les faits allégués au nom de la science plus incontestables. Or il faut bien avouer qu'il n'a pu réussir à nous imposer cette dernière conviction, et qu'ayant consulté des spécialistes de la première compétence, nous les avons trouvés en grande divergence avec les géologues anglais dont l'évêque de Clifton aura sans doute reçu les opinions avec une confiance trop absolue.

Le point qu'il s'attache à prouver, c'est que l'œuvre attribuée par Moïse au 4e jour est antérieure, d'après la science, à l'œuvre attribuée au 3e; c'est qu'avant la création des végétaux, le soleil a dû non seulement exister, mais éclairer la terre de ses rayons directs et briller sur elle à travers une atmosphère transparente.

Si le fait est scientifiquement certain, il en faudra bien évidemment conclure que Moïse, en ce point, n'a pas suivi l'ordre chronologique. — Mais c'est précisément à la preuve scientifique que nous avons deux difficultés à faire, l'une, plus générale, portant sur la thèse même qu'embrasse Mgr Clifford, et l'autre sur les arguments particuliers par lesquels il la démontre.

Cette thèse, réduite à ses termes les plus précis, est donc qu'avant le développement de la végétation carbonifère, le soleil a dû non seulement éclairer la terre de sa lumière diffuse, tamisée à travers les nuages, mais lui montrer déjà son disque lumineux. — Voilà ce qui nous paraît donné par le contexte pour un fait scientifique fondamental et indubitable.

Or la première difficulté que rencontre cette thèse se trouve dans une opinion contraire, qui n'est point un expédient imaginé par des théologiens étrangers à l'état des sciences, mais qui s'appuie sur des autorités scientifiques de valeur incontestée. Nous ne reproduirons pas ici les sérieux arguments que M. l'abbé Lefebvre emprunte sur ce point à MM. Osw. Heer, de Saporta, à sir Charles Lyell lui-même. — On peut les voir développés dans un intéressant chapitre de sa thèse (1). Qu'il suffise de citer le sentiment de M. de Lapparent, dans le résumé cosmogonique par lequel il termine son beau traité de géologie. Il y exprime nettement l'opinion que la végétation houillère s'est développée « au sein d'une atmosphère humide, sans doute chargée de nuages qui ne laissaient arriver à la terre que des rayons diffus. » Et qu'on ne le soupçonne point de se laisser entraîner à cette hypothèse en vue de favoriser un accord. Elle naît dans son livre de considérations purement scientifiques. Tout son ouvrage n'a point d'autre caractère, et c'est sans doute ce qui lui a valu, à l'étranger comme en France, les éloges unanimes du monde savant. Une seule critique a pu lui être sensible, celle de quelques apologistes ardents qui lui ont précisément reproché de ne point se préoccuper de la concordance des théories scientifiques avec les enseignements de la Bible. Ce n'est pas au moment où nous constatons la grande difficulté de traiter sûrement ces questions mixtes, que nous oserions le blâmer d'avoir voulu les réserver entièrement aux interprètes de profession.

Des savants très autorisés pensent donc que la lumière diffuse du soleil, pénétrant à travers une atmosphère chargée de vapeurs, a suffi au développement de la végétation houillère, et est même la plus propre à expliquer certains de ses caractères. Ils admettent que le disque du soleil n'a dévoilé à la terre sa face radieuse qu'à la fin de cette période

(1) L'Œuvre du 4e jour de la Création, pp. 105 et suiv.

géologique. Mais ici Mgr Clifford intervient avec une objection précise, empruntée sans doute à des adeptes de l'école de Lyell.

Quoi qu'il en soit des rayons directs ou seulement diffus que suppose la végétation vigoureuse de l'époque carbonifère, une chose, dit-il, est certaine, c'est qu'une telle végétation suppose la pluie, et que la pluie suppose un soleil *brillant*. Le fait de pluies abondantes antérieurement à cette époque est d'ailleurs attesté, ajoute-t-il, par l'existence même du sol sur lequel cette végétation s'est développée ; les roches carbonifères, en effet, comme généralement toutes les roches sédimentaires, sont le produit de la *dénudation ;* or elle est principalement l'œuvre des cours d'eau, et c'est la pluie qui les alimente.

Sans aucune intention d'argumenter à fond sur ces propositions scientifiques, trop supérieures à notre compétence, mais parlant simplement comme témoin, nous pouvons dire que Mgr Clifford ne les eût point acceptées comme incontestables, s'il eût interrogé les géologues de diverses écoles, au lieu de s'en rapporter trop exclusivement aux actualistes anglais et de prendre la persuasion de certains savants pour un signe décisif de certitude. Qu'une végétation vigoureuse suppose nécessairement la pluie et ne puisse se contenter d'une atmosphère chargée d'humidité ; que la pluie suppose nécessairement un soleil brillant et non pas voilé par les nuages, nous avons vu des spécialistes français en douter et demeurer hésitants. Mais ce que nous leur avons entendu nier absolument, c'est que les cours d'eau soient l'agent principal de la dénudation et de la formation des terrains sédimentaires ; c'est à l'action de la mer et de ses vagues qu'ils attribuent, à ce point de vue, le rôle prédominant.

Dans le développement de sa thèse, Mgr Clifford insiste sur ce que l'humidité atmosphérique et la pluie de l'époque carbonifère ne peuvent être attribuées à la chaleur interne. Cette opinion négative paraît en effet la mieux fondée, et

nous sommes loin de la combattre en elle-même ; mais, si nous comprenons bien la raison que Mgr Clifford apporte à l'appui, il nous semble qu'un physicien, quels que soient son pays et son école, n'accepterait pas d'y souscrire.

« Il faut, dit notre auteur, un degré de chaleur supérieur pour produire une *quantité* d'évaporation donnée sous la pression d'une atmosphère plus dense; la *température* des eaux se serait élevée à un degré incompatible avec la vie organique. » (P. 404).

Mais la physique ne nous dit-elle pas, au contraire, que la tension et par conséquent la masse ou la *quantité* d'une vapeur, en contact avec son liquide, est indépendante de la pression que l'atmosphère ambiante exerce sur le liquide, et que, sous une pression quelconque, cette quantité de vapeur est *la même* qu'elle serait dans le vide à *la même température?*

Cette considération empruntée à la physique est donc loin de fortifier une thèse à laquelle les arguments géologiques et paléontologiques n'assuraient pas la solidité inébranlable à laquelle a cru l'auteur. Sans une telle conviction cependant, aurait-il accordé la même confiance aux arguments d'ordre purement exégétique dont il nous reste à parler? Ce sont quatre objections à une interprétation de l'œuvre du quatrième jour empruntée par les concordistes à de très anciens et très orthodoxes auteurs.

Suivant leur opinion, l'œuvre du quatrième jour ne fut pas la création première des astres, mais seulement la première révélation faite à la terre du firmament étoilé et des « deux grands luminaires », par suite de l'épuration d'une atmosphère chargée, jusqu'à ce jour, d'épaisses vapeurs. « Admettons, dit ici Mgr Clifford, que le soleil ne se soit dévoilé qu'après l'époque carbonifère. Les expressions de la Genèse ne peuvent être regardées comme l'expression de ce phénomène. » (P. 404).

Il ne sera pas inutile de rappeler ici ces expressions : « Et Dieu dit : Que des luminaires soient dans l'étendue

des cieux, afin qu'ils séparent le jour de la nuit, et qu'ils servent de signes pour les fêtes, les jours et les années, qu'ils luisent dans l'étendue des cieux, afin qu'ils éclairent la terre. Et il fut ainsi. Et Dieu forma deux grands corps lumineux : l'un plus grand pour présider au jour, l'autre moins grand pour présider à la nuit, et les étoiles. Et il les disposa dans l'étendue des cieux pour luire sur la terre, pour présider au jour et à la nuit, et pour séparer la lumière d'avec les ténèbres. Et Dieu vit que cela était bon. »

Nous avons emprunté pour ce passage la traduction du P. Monsabré, parce que nous l'avions entre les mains et qu'elle nous paraît fidèle.

Voici maintenant les objections de Mgr Clifford à l'interprétation qu'il combat.

1re objection. « Si le premier chapitre de la Genèse est une description historique du travail accompli en chacun des jours qu'il distingue, quelle raison de faire une exception pour le quatrième, et de dire que la même formule qui indique au 1er, au 2e et au 3e jours que Dieu a *créé* alors certaines choses, n'a pas la même signification au 4e jour ? » (P. 405).

Il nous paraît facile de répondre, même au point de vue strictement concordiste, que rien n'oblige à regarder les œuvres des trois premiers jours comme des créations proprement dites, et que l'œuvre totale de la création *ex nihilo*, pour les choses purement matérielles, est, suivant une interprétation très commune, renfermée dans le seul verset : Au commencement Dieu créa le ciel et la terre. — La production de la lumière au premier jour, et l'établissement du firmament au second ne sont alors que des phases remarquables du développement du monde sous l'action des lois physiques, tout comme le dévoilement du ciel étoilé au 4e jour. — Quant à l'œuvre du 3e jour, elle commence par un simple rassemblement des eaux dans le bassin des mers et par l'émersion de la terre ferme, ce qui n'implique certainement aucune *création*.

2e objection. « Si la formule : « Il les disposa dans l'étendue des cieux pour briller sur la terre, » signifie qu'ils commencèrent seulement alors à luire sur la terre, la formule : « Il les disposa... pour régler le jour et la nuit et séparer la lumière des ténèbres, » doit également signifier qu'ils commencèrent seulement à remplir leur office au 4e jour, ce qui renverse la théorie. » (Ibid.)

A cette difficulté il suffit de répondre que le soleil avait commencé, dès le premier jour, à éclairer la terre et à distinguer le jour de la nuit, mais d'une manière imparfaite à cause des vapeurs de l'atmosphère, et peut-être de l'état nébuleux où il était encore lui-même (1). Quoi de plus naturel dès lors que de choisir, pour rapporter cette mission donnée au soleil, le moment où il commence à la remplir parfaitement, et d'indiquer au même endroit la mission des autres astres qui se manifestent alors pour la première fois à la terre ?

3e objection. « Si ce n'est pas de la création des astres, que Moïse nous rend compte au 4e jour, il l'a complètement omise, et il faudrait croire que néanmoins il a interrompu son récit de la production des choses pour nous informer de l'époque à laquelle ces astres sont devenus visibles, ou plutôt auraient pu devenir visibles s'il y avait eu quelque œil pour les voir. » (Ibid.)

La première création des astres, dirons-nous, n'est ni plus ni moins omise que celle des airs et des mers ; elle est comprise dans la création générale du premier verset ; et même il est à remarquer que, si les astres ont été formés par condensation et développement graduel d'une matière nébuleuse, il n'était point d'autre moment auquel leur création première pût être rapportée. L'analogie du texte n'est pas violée ; l'atmosphère, que beaucoup d'interprètes identifient avec le firmament, est mentionnée sous ce der-

(1) Sur cette hypothèse cf. *Traité de Géologie* par A. de Lapparent, pp. 34 et 35.

nier nom quand elle commence à distinguer nettement les eaux terrestres et celles des nuages ; les mers, quand elles se rassemblent dans des bassins déterminés ; et il est dit alors : « Que l'aride *apparaisse*, » bien qu'il n'y ait pas d'œil pour la voir. — D'ailleurs, si le fait du dévoilement des astres marque un moment important et digne d'être signalé dans l'évolution de la nature, ce n'est pas seulement au point de vue du *spectacle* dont la terre commence à jouir. Mgr Clifford n'a-t-il pas plaidé la nécessité d'un soleil brillant pour le développement de la végétation et pour la formation même du sol végétal sous l'action de la pluie ? Et enfin n'est-ce pas au quatrième jour qu'il est dit que les astres serviront de signes pour distinguer les temps ? La difficulté qu'on chercherait, à ce point de vue, dans l'absence de tout œil capable de les voir n'est-elle pas la même, qu'il s'agisse de leur création ou de leur simple dévoilement ?

4e objection. « Si le premier chapitre de la Genèse est un récit des œuvres que Dieu fait en chacun des six jours, et si les astres n'ont pas été *faits* au quatrième, quelle est donc l'œuvre de ce jour ? Moïse n'en mentionne pas d'autre. Le quatrième jour pourrait, aussi bien que le septième, compter pour un jour de repos. » (Ibid.)

Les concordistes n'ont aucun besoin d'admettre, comme nous l'avons déjà dit et répété, que les œuvres de chacun des six jours soient des créations proprement dites. Quant à la révolution introduite dans la nature terrestre par l'épuration de l'atmosphère et l'apparition des astres, est-ce donc une œuvre si dénuée d'importance qu'il faille s'étonner de la voir mentionnée ?

Il nous semble, en définitive, que toutes ces objections s'évanouissent quand on les considère attentivement, et qu'elles n'eussent pu frapper à ce point l'esprit de Mgr Clifford, sans les préventions exagérées que des raisons d'un autre ordre lui avaient déjà inspirées contre l'interprétation des concordistes.

Au terme de cette discussion, nous ne voyons donc aucune

nécessité d'abandonner les deux opinions, l'une scientifique, l'autre exégétique, contre lesquelles Mgr Clifford a cru devoir s'élever. Il n'y a pas d'hérésie scientifique à penser qu'une végétation abondante, que la végétation houillère elle-même, s'est développée sur la terre avant que le soleil y brillât, comme aujourd'hui, de tout son éclat. Il n'y a pas de subtilité exégétique à dire que le passage relatif au quatrième jour peut et doit s'entendre, non de la création proprement dite des astres, mais plutôt de la condensation définitive du soleil, et surtout de l'éclaircissement de l'atmosphère, en conséquence duquel les astres furent révélés à la terre et comme créés pour elle. Si l'opinion scientifique à laquelle souscrivent déjà des noms qui font autorité va se confirmant, il en résultera certainement un argument très puissant et très remarquable en faveur du caractère *historique* de l'Hexaméron et de son origine non seulement inspirée mais *révélée*. Cependant il convient de ne pas s'enthousiasmer trop vite pour cette concordance particulière et de laisser la question mûrir entre les mains des savants. Si elle changeait d'aspect par le progrès de leurs recherches, le caractère historique pourrait encore être justifié par une interprétation de très bon aloi selon les principes du concordisme plus ou moins idéaliste (1). — Nous ignorons vraiment à quels faits scientifiques Mgr Clifford fait allusion quand il se persuade qu'il en est plusieurs, et de fondamentaux, qui contredisent absolument toute interprétation historique du Ier chapitre de la Genèse.

(1) Voir entre autres l'interprétation du Dr Güttler. *Revue des questions scientifiques*, t. VIII, p. 597.

IV

« On lit mal ce qu'on lit à genoux, » osait écrire il y a quelques mois un malheureux sophiste, transfuge du christianisme et de toute autre religion que le culte de son style. Cette parole amère est sans doute une des plus malsaines qui soit sortie de sa plume trop féconde. Tout vrai chrétien sait le contraire ; on ne lit bien qu'à genoux la parole de Dieu ; aussi n'est-ce pas sans un effort pénible que nous avons si longuement agité, sur le texte de nos saints livres, tant de questions secondaires, et il nous en coûterait de laisser le lecteur sous une telle impression.

Quelqu'un pourrait d'ailleurs être tenté de le demander : Comment peut-on comprendre, sans injure pour la Bible, que le sens de sa première page paraisse si incertain, et qu'il soit interprété de tant de manières diverses et changeantes par les apologistes et les savants catholiques ?

Rappelons donc, encore une fois, que l'objet essentiel de cette page est tout différent de celui des discussions de détail auxquelles nous entraînent aujourd'hui les préoccupations accidentelles de certains esprits. Remettons-nous au vrai point de vue, en contemplant l'admirable fond de doctrine que cette page sacrée, depuis le jour où elle fut écrite, n'a cessé d'enseigner, sans aucune variation, aux croyants de tous les siècles. — Les dogmes fondamentaux de la vraie religion en ressortent avec une netteté qui les rend sensibles à tous les esprits, depuis les plus élevés jusqu'aux plus humbles. Dieu éternel, Dieu tout-puissant, Dieu créateur de tout ce qui existe, Dieu unique, Dieu distinct de ce monde qu'il a tiré du néant ; voilà ce que, sans hésiter, les fidèles y ont toujours lu. Ils y ont vu clairement ce que les grands esprits et les sages de l'antiquité n'ont aperçu que par éclairs, dans la nuit du paga-

nisme, éclairs qui ne furent, plus d'une fois, qu'un reflet des lumières de l'Écriture. Aujourd'hui même encore, après dix-huit siècles de christianisme, combien de sectes philosophiques, et de soi-disant *libres* penseurs, restent enchaînés dans les ténèbres dont la lumière de cette page affranchit tous les esprits qui n'y ferment pas les yeux.

Un texte d'où ressortent, avec une telle vivacité et une telle efficace, tant de vérités de premier ordre, ne sera donc jamais un texte obscur ; s'il revêt par instants cette apparence à nos yeux, la faute en est aux proportions démesurées que nous laissons prendre, en sa présence, à des questions scientifiques étrangères à son véritable objet.

Que ces questions aient des points de contact avec le mode d'expression des vérités religieuses, nous sommes loin de le méconnaître. Nous avons même signalé divers services que les progrès de la science ont rendus et peuvent rendre encore à l'intelligence précise de certains accessoires du texte. Mais ces précisions mêmes de l'exégèse n'importent pas essentiellement à la foi ni à la vie chrétienne. En laissant au travail des siècles le soin de ces recherches, Dieu suit une conduite qui lui est habituelle, dans le monde de la nature comme dans celui de la foi, dans le livre de la création comme dans celui de la révélation.

A quoi donc les hommes de science passent-ils leur vie, ceux du moins qui s'appliquent à l'étude de la nature, si ce n'est bien souvent à analyser, à scruter, à poursuivre dans leur formule précise des phénomènes et des lois dont l'humanité tout entière, et jusqu'aux plus simples des mortels, usent et jouissent sans y réfléchir depuis les premiers jours du monde ? Le soleil et la lune, pour remplir leur mission providentielle , servir de luminaires au jour et à la nuit, compter par leurs révolutions les jours, les mois et les années, ont-ils donc attendu les siècles de Copernic, de Kepler, de Newton ou de Laplace ? La terre, pour nourrir les hommes et pour leur livrer le tribut de ses

forêts, a-t-elle exigé que les Liebig et les Boussingault, avec tous leurs émules et leurs contradicteurs, eussent discuté les éléments que chaque plante reçoit du sol et ceux qu'elle puise dans l'atmosphère ? Démosthène et Cicéron, aussi bien que Grosjean et M. Jourdain, ont parlé tout comme ils l'auraient fait si l'on eût soupçonné, de leur temps, qu'un centre cérébral du langage articulé pouvait bien se trouver dans la circonvolution de Broca. — Il est en un mot dans la nature une très large mesure de richesses, dont l'humanité a vécu pendant de longs siècles, et vit encore aujourd'hui dans une grande partie du monde habité, sans apporter à leur exploitation aucune culture scientifique. — Il est de même, dans la révélation, un fond très riche de vérités doctrinales dont la vie religieuse du peuple de Dieu s'alimente depuis l'origine des saints livres, sans attendre que les savants aient précisé, dans le dernier détail, la valeur des formes de style à travers lesquelles elles s'expriment.

A cette comparaison, nous voyons bien une objection possible et nous la croirions même très fondée, si l'on voulait transformer la simple analogie en une parité complète. Nous sommes sans doute très loin de comprendre entièrement le livre de la nature; nous sommes, aujourd'hui même, bien lents encore à le déchiffrer. — Mais, après tout, la nature n'est un livre que par métaphore, et la Bible en est un en toute réalité : son seul nom nous rappelle qu'elle est le livre par excellence. Or un livre n'est fait que pour être compris, et quand un livre est divin, ne devrait-il pas, dès le premier jour, être parfaitement intelligible à ses lecteurs et ne rien laisser dans l'ombre ? n'est-ce pas là l'idéal du livre, et la perfection qu'on est en droit d'attendre et d'exiger de celui auquel on reconnaît Dieu même pour auteur ?

Non ; la précision absolue n'est pas l'idéal du livre ni du style, à moins qu'il ne s'agisse de celui du géomètre ou de l'ingénieur. La précision est pour le style ce que l'abs-

traction est pour la pensée, et la dissection pour le corps ; elle détruit la vie et par là convient peu à la parole de Dieu. Cette parole de vie éternelle est une parole féconde ; et parmi les livres humains eux-mêmes, les plus féconds et les plus grands sont-ils ceux qui expriment toute la pensée de l'auteur, ou ceux qui donnent à penser au lecteur bien au delà de ce qu'ils disent? S'il est vrai de dire que la nature est un livre, il n'est pas moins vrai d'ajouter que le livre de la révélation, que la Bible est tout un monde, dont nous n'aurons jamais achevé d'approfondir les mystères et d'exploiter les richesses. Il y a toutefois cette grande différence entre les deux, que le sens le plus élevé du livre de la nature est souvent celui que nous atteignons le dernier, par la découverte de ses lois et l'intelligence de ses harmonies; tandis que, dans la Bible, les vérités divines qu'elle a mission de nous révéler sont beaucoup plus apparentes et plus lumineuses que l'enveloppe des mots à travers lesquels elles nous apparaissent. Du moins en est-il ainsi dans la page qui nous occupe et dans celles qui lui ressemblent.

Idéalement on pourrait souhaiter que les questions d'éxégèse minutieuse fussent réservées aux hommes spéciaux qui ont mission de les approfondir. Mais la Providence a ses vues en permettant qu'elles soient agitées aujourd'hui sur le théâtre des discussions publiques. Les circonstances sont telles que les pasteurs des âmes eux-mêmes se sentent pressés par leur zèle d'intervenir dans ces débats ; Mgr Clifford, nous l'avons vu, n'y a pas été poussé par un autre motif. Si nous avons osé croire qu'il y avait encore des réserves et des commentaires utiles à faire sur ses opinions, il nous reste en finissant à résumer aussi nettement que possible les résultats de cette dissertation, que notre inexpérience a rendue trop prolixe.

Indiquons donc d'abord certaines limites dans l'intervalle desquelles il nous paraît clair que la discussion doit à l'avenir se renfermer; puis disons, dans cet intervalle, les

points que nous croyons les plus propres à jalonner la voie d'une interprétation complète et définitive.

Les limites sont marquées par trois sortes d'exagérations, en deçà desquelles il faudra toujours se tenir :

1° Celle d'un littéralisme excessif, persistant à vouloir renfermer les œuvres de la Création dans des jours de 24 heures, quel que soit d'ailleurs le rapport établi entre ces jours et les périodes géologiques.

2° Celle des interprétations scientifiques recherchées, attribuant à Moïse des vues précises, non seulement sur certains grands faits naturels, mais sur des détails minutieux et techniques, auxquels il est impossible de trouver un rapport prochain avec les fins religieuses de l'Hexaméron.

3° Celle d'un idéalisme exclusif, repoussant de l'interprétation tout principe historique. C'est sur cette troisième que nous nous séparons de Mgr Clifford, tandis que nous sommes d'accord avec lui sur les deux premières.

Voici maintenant les points plus spéciaux qui nous semblent le mieux établis

1° *Le premier chapitre de la Genèse n'est pas seulement historique dans la forme, mais dans le fond.* Entre le récit de la création et les grandes lignes déjà bien arrêtées de la cosmogonie scientifique, il y a trop de concordances pour qu'on en puisse rendre un compte suffisant par une exégèse tout idéaliste.

2° *Moïse a donc connu, par révélation directe ou indirecte, plusieurs grands faits de l'histoire de la terre.* Mgr Clifford n'a pu se refuser à l'admettre pour le chaos. L'ensemble des concordances indique assez qu'il faut l'admettre pour d'autres points. Nous ne cherchons pas ici à préciser lesquels, ne voulant plus rentrer dans les discussions de détail. Nous prétendons encore moins dire quel a été le mode de la révélation dont il s'agit, ne voyant aucun moyen de le déterminer. *Nescio, Deus scit.*

3° *Une raison très suffisante de cette révélation se trouve*

dans l'intérêt qu'il y avait à donner une base historique à un livre historique.

4° *Cependant l'auteur inspiré n'écrivant pas l'histoire pour l'histoire, mais pour les leçons religieuses qui s'en dégagent, la traite avec beaucoup de largeur et de liberté.*

En rendant compte du livre de M. Schæfer sur la Bible et la Science, nous avons eu l'occasion de faire ressortir le contraste entre les livres historiques de l'Écriture et les histoires ordinaires. On doit s'attendre à voir Moïse s'écarter encore beaucoup plus de l'esprit des sciences profanes et de la géologie historique, lorsqu'il traite de la création du monde.

5° *La succession, en apparence si nette et si positive, des jours de la création dans le texte de Moïse, n'exclut pas certains écarts entre l'ordre d'exposition et l'ordre d'exécution des œuvres de Dieu. Les jours, en effet, sont ainsi nommés et énumérés comme types des jours de la semaine ouvrière, que doit couronner le repos religieux du septième jour.*

Admettre cette cause comme la principale de l'emploi du mot jour, ce n'est pas exclure l'influence d'autres raisons qui ont pu le suggérer à Moïse et influer sur le choix qu'il en a fait. Si, par exemple, il avait été favorisé d'une série de visions, dont chacune s'obscurcissait pour faire place à la suivante, comme plusieurs l'ont supposé, les jours de l'Hexaméron pourraient renfermer une allusion à ces tableaux, bien que principalement destinés à figurer ceux de la semaine.

Quant à l'attribution des œuvres à chaque jour, elle peut être suffisamment motivée par des raisons conformes aux habitudes du langage humain, surtout au langage poétique, et distinctes de l'ordre rigoureux de succession. La lumière est mentionnée, par exemple, quand elle commence à poindre sur la terre par l'atténuation des vapeurs ; la terre ferme, quand elle est assez distinguée des eaux pour porter une végétation abondante ; les plantes quand elles forment

le trait saillant de l'aspect du globe; les astres, quand l'épuration de l'atmosphère les révèle à la terre dans tout leur éclat.

Une telle marche ferait usage de l'ordre réel de production et ne s'y asservirait pas. Le principe chronologique influerait sur elle sans la dominer, et pourrait être subordonné tour à tour au parallélisme des jours et des œuvres si bien saisi par saint Thomas, au rythme d'une poésie sacrée, à un enchaînement d'idées conforme aux relations naturelles des êtres.

Si l'on s'en tient à cette largeur de principes, aujourd'hui comme il y a dix ans, on peut redire avec le P. Monsabré : Entre la Genèse et la science l'accord est fait.

P. DE FOVILLE.

prêtre de Saint-Sulpice.

GLACIERS ET NEIGES.

Je me souviens d'avoir trouvé autrefois un petit livre ayant pour titre : *Histoire d'une goutte d'eau.* Il comptait au plus cent pages. Comment l'auteur s'y est-il pris pour condenser en un si étroit espace un si vaste sujet? L'histoire d'une goutte d'eau demanderait des volumes ; je me propose simplement d'en écrire un chapitre.

Entre l'histoire d'un homme et l'histoire d'une goutte d'eau, la différence est grande, mais les rapprochements ne manquent pas. L'une comme l'autre se compose d'une série d'événements qu'il faut observer ; les uns sont cachés, les autres découverts ; tous forment une chaîne ininterrompue, dont le premier anneau touche à la naissance, le dernier à la mort. Ces événements, si détaillés qu'ils soient, ne sont que la matière brute de l'histoire et comme les moellons de l'édifice. L'âme de l'histoire, ce sont les causes qui les ont enchaînés, c'est le ciment qui les a joints, c'est la force qui des événements passés a fait sortir l'événement présent et, dans l'événement présent comme dans un germe, façonne déjà l'événement qui va venir.

Dans l'histoire d'une goutte d'eau, les causes sont très

simples, ce sont les forces de la nature. Il en faut découvrir la loi sans doute, mais, cette loi connue, leur action toujours uniforme ne laisse place ni à l'hésitation ni à la crainte. Dans l'histoire d'un homme, la question se complique ; aux forces nécessaires et constantes de la nature, il entremêle une force essentiellement revêche à toute loi physique, sa volonté toujours libre, souvent capricieuse, parfois perfide. Il faut que l'historien en pénètre le mystère, il faut qu'il découvre les ressorts secrets de cette volonté mobile, il faut qu'il démêle l'écheveau brouillé de ses déterminations incohérentes ; il faut qu'il descende dans les replis souterrains où, aux prises avec la passion, elle cache ses défaites.

J'ai préféré l'histoire de la goutte d'eau. Elle est plus assurée, et j'ai choisi pour commencer le moment où la goutte d'eau, à l'état de vapeur, flotte invisible dans l'atmosphère. Le froid la saisit : elle perd la chaleur et la force vive qu'elle avait emmagasinée dans le lac ou dans le fleuve, et aussitôt, retombant sous l'attraction de ses voisines, elle forme avec elles cette vésicule du brouillard, creuse au centre, aux parois opaques, manière d'aérostat minuscule, dont le plus léger nuage compte des milliards dans son sein.

Le froid la gagne davantage, les petites vésicules se resserrent, s'écrasent, éclatent et se fondent. C'est la goutte de pluie, elle tombe dense et transparente. Mais le froid continue son œuvre, il fige la goutte de pluie, c'est le grain de neige. Nous les voyons tomber, ces gais flocons qui se balancent dans l'air, comme des plumes légères bercées par le vent. Ils tombent et doucement, sans éclat, sans secousse, ils se posent. C'est un duvet blanc qui se met sur toutes choses, et les recouvre d'une parure moelleuse.

Quand un voyageur des contrées méridionales, où la neige est inconnue, la voit tomber pour la première fois dans les contrées du nord, le sentiment qu'il éprouve est une admi-

ration joyeuse ; il jette des cris, il bat des mains. La neige est gaie, c'est la pluie qui est triste. Si la neige nous rappelle des sensations fâcheuses, c'est tout au plus la sensation du froid, mais du froid sec et lumineux, non point de ce froid gris et humide qui rend l'âme chagrine et malveillante. Il y a de la lumière et de la beauté dans la terre ainsi couverte : il y a de la douceur et du charme dans cette neige fine, suspendue comme une floraison d'hiver, aux branches noires des arbres.

C'est là, si je puis ainsi dire, l'impression superficielle que produit la neige. Les sens et l'imagination en ont assez ainsi, mais l'esprit veut davantage. Il faut donc la voir de plus près.

Pour y bien réussir, ne la prenez pas au moment où elle vole en larges flocons enchevêtrés, mais quand elle tombe en paillettes miroitantes. Recueillez-la sur un lambeau de drap ou de velours noir, et l'œil armé d'une loupe regardez-la. Chacun de ces grains de neige est un bijou de joaillerie fine. Leur forme, très variée dans les détails, présente un caractère constant. C'est toujours une étoile à six rayons symétriques, mais ces rayons sont ornés de mille manières. Le dessin le plus parfait ne saurait reproduire l'éclat scintillant de ces aiguilles cristallines.

Au reste, il n'y a là rien d'extraordinaire ; tout liquide, passant à l'état solide, affecte des formes géométriques régulières. L'eau fait comme tous les autres. L'hiver, quand le froid du dehors solidifie sur les vitres les gouttelettes de vapeur qui s'y étaient accumulées, il les range en dessins panachés d'une élégance exquise. La glace elle-même, au sein des lacs tranquilles, dessine ses étoiles à six rayons comme la neige et, quand on la coupe en tranches fines et qu'on l'examine sous nn grossissement convenable, elle les découvre aussitôt.

Le moment où un corps passe de l'état liquide à l'état solide est marqué avec une précision extrême. Il est variable d'après le corps que l'on considère ; mais, pour un même

corps placé dans les mêmes circonstances, il est invariable et constant.

Pour l'eau, le moment coïncide avec celui où la température du liquide atteint le point marqué 0 dans nos thermomètres centigrades. Quand donc la température d'un nuage descend à ce point, le nuage passe à l'état de neige. Mais on aurait tort d'en conclure que la neige nous arrive à cette température. Le froid qui l'a saisie continue à l'envahir, et généralement, quand elle atteint le sol, elle marque au thermomètre de 10 à 15 degrés. Il en est tombé à Moscou par un froid de 22°; à Jakoutsk, en janvier 1854, par un froid de — 46°.

Tombée sur le sol, ses fortunes sont bien diverses. Tout entière à la merci de la chaleur, vient-elle à rencontrer un appui plus chaud, elle se hâte de reprendre à ce contact de la force vive; sa température s'élève et, revenue à 0°, elle perd sa forme cristalline, elle coule, elle redevient la goutte d'eau

C'est ce qui arrive généralement dans nos contrées, où la température du sol est passablement élevée. Mais le sol, en fondant ainsi la neige, perd lui-même de sa chaleur; il ne tarde pas à descendre à cette fatale température de 0°, et dès lors il porte, même dans nos contrées, sans la flétrir, sa livrée blanche. Il est d'autres climats où la température moyenne est plus basse. Quand on traverse l'Angleterre du sud au nord, on rencontre successivement des températures moyennes décroissantes de 18° à 11°. En remontant plus haut vers le nord, on ne tarde pas à rencontrer des points où la température moyenne descend à 0°. Ces points réunis dessinent une ligne ondulée qui, durant l'été, découpe une bande étroite dans le nord de l'Islande, une échancrure au nord-est de la Suède et de la Norwège, et traverse toute la Russie à hauteur de la Dwina. Durant l'hiver elle descend plus bas, elle enferme l'Islande tout entière, la moitié de la Suède et de la Norwège, et tout le nord de la Russie à partir du lac Ladoga et de Kazan.

Le long de cette ligne et au delà vers le pôle, le sol trop pauvre en chaleur ne fond plus la neige ; il la reçoit, il la garde et l'accumule en couches superposées. C'est la région des neiges polaires.

De même, en s'élevant des plaines vers les hauteurs, le montagnard rencontre des couches de plus en plus froides. La couche d'atmosphère devenue plus mince s'oppose avec moins d'énergie au rayonnement de la nuit ; d'autre part, l'air venu de la plaine n'éprouvant plus à ces hauteurs qu'une pression très affaiblie, se détend, se dilate, et épuise à fournir ce travail d'expansion une bonne part de la chaleur qu'il avait absorbée dans les régions basses. Ces causes réunies déterminent sur les montagnes un abaissement de température de 1° par environ 160 mètres d'altitude.

Il arrive donc qu'en s'élevant plus près du ciel, comme en s'approchant du nord, on rencontre des points où la température moyenne est de 0°. En réunissant ces points, aux diverses altitudes où on les rencontre, on obtient une ligne qui sera, en théorie, la limite des neiges persistantes sur les hauteurs. Dans les Alpes centrales, cette ligne passe entre 2730 et 2800 mètres ; au massif du mont Blanc, entre 2860 et 3100 mètres ; en Norwège, entre 884 et 1306 mètres ; sur les flancs de l'Himalaya, à 4250 et même à 5666 mètres.

Les sommets qui la dépassent sont assez clairsemés dans le relief terrestre. Pour l'Europe, en dehors de l'Islande et de la Scandinavie, on n'en trouve qu'au centre des Pyrénées autour de la Maladetta, dans la chaîne du Caucase, dans le Tyrol et dans les Alpes suisses.

Les chiffres que j'ai donnés jusqu'ici ne sont qu'approximatifs ; en hauteur comme en surface, la limite des neiges persistantes oscille sans cesse. Elle dépend de conditions climatologiques très variables ; celles-ci changeant, il faut de toute nécessité qu'elle aussi change. Mais la connaissance exacte de ces frontières importe assez peu. Ce n'est

pas l'étiage d'un fleuve qui en trahit l'allure, mais son débit moyen. De même ici, ce n'est pas l'étendue des neiges qu'il faut connaître, mais la masse qui s'en engouffre dans les montagnes.

A l'hospice du Grimsel, à 1874 mètres de hauteur, Agassiz a vu tomber en six mois d'hiver $17^{m}50$ de neige.

Au Saint-Gothard, à 2093 mètres de hauteur, il en tombe fréquemment 2 mètres en une seule nuit.

Sur le Saint-Bernard, à 2472 mètres, en douze années d'observations faites par les religieux, de 1847 à 1859, il en est tombé par année des quantités variant de $3^{m},52$ à $13^{m}48$.

On peut affirmer qu'il tombe en moyenne, bon an mal an, sur les cimes des Alpes 10 mètres de neige.

On ne saurait redire l'impression saisissante que font ces montagnes blanches, mortes et dépouillées, surgissant soudain d'une vallée riante où la vie semble répandue à flots dans les herbes, dans les bois, et jusque dans la chaude rivière qui coule sur les galets du fond. Chamounix offre un frappant exemple de ces brusques contrastes.

Parfois la transition est ménagée par degrés lents et presque insensibles ; le paysage y gagne en douceur, mais il y perd en solennité. Du fond d'Interlachen, l'œil en se détachant de la ville trouve d'abord à sa droite, au second plan, une colline boisée, le petit Rugen. Ses grands arbres lui donnent les nuances les plus variées. Au fond, encore à droite, l'Abendberg qui, s'élevant déjà à 1071 mètres, ne peut plus porter à son sommet que le hêtre et l'épicéa. A gauche, le Scheinige Platte dont le sommet, à 2100 mètres, n'a plus que des pins rabougris, des genévriers, des mousses et des lichens accrochés dans les crevasses et rampant sur le rocher nu.

Enfin, à travers la trouée de ces montagnes, apparaissent les cimes mortes de ce géant qui fait l'orgueil de la Suisse, la Jungfrau. Là, tout est mort sous le linceul de la neige. Parfois, sur une arête, une déchirure de ce

manteau blanc laisse passer une graine égarée; elle y germe maladive et souffreteuse. Saussure cueillit une petite fleur à 3469 mètres et, au milieu de ses préoccupations de savant, il lui marque un souvenir dans ses mémoires. Tschudi, sur le Faulhorn, trouve un myosotis, et il le chante : « Inébranlable dans sa fidélité, plein d'espoir et de confiance, il élevait péniblement sa tige vers la lumière et le soleil, comme un cœur brisé cherche dans sa détresse le regard de son Dieu ! »

On connaît les vers de Lamartine :

Salut, brillants sommets, champs de neige et de glace,
Vous qui d'aucun mortel n'avez gardé la trace,
Vous que le regard même aborde avec effroi
Et qui n'avez souffert que les aigles et... moi !

La première trace humaine que ces fiers sommets aient portée ne fut point celle d'un poète, ni même celle d'un touriste anglais; ce fut celle d'un savant, Horace de Saussure.

Avant lui, le Saint-Bernard passait pour le plus haut étage que le pied de l'homme pût fouler dans les montagnes. Le mont Blanc était appelé le mont des Maudits, et à peine quelque hardi chasseur avait-il osé poursuivre au delà de la limite des neiges persistantes le chamois rapide qui fuyait devant lui.

Il fallut, pour entreprendre le premier par des chemins inconnus cette ascension hardie, un cœur de grande audace et de grand courage. Saussure eut l'un et l'autre : ce qui ne l'empêchait pas d'avoir un tendre cœur : « Quand je parvins au sommet, écrit-il dans son mémoire, mes premiers regards furent pour Chamounix, où je savais ma femme et ses deux sœurs, l'œil fixé au télescope, suivant tous mes pas, avec une inquiétude trop grande sans doute, mais qui n'en était pas moins cruelle ; et j'éprouvai un sentiment bien doux et bien consolant, lorsque je vis flotter l'étendard qu'elles m'avaient promis d'arborer, au moment

où me voyant parvenu à la cime, leurs craintes seraient au moins suspendues. »

Après quoi il passa à son baromètre.

Depuis lors l'étude des glaciers a conduit sur ces hauteurs toute une légion de savants illustres, parmi lesquels il me sera permis de citer, en saluant sa mémoire, un membre de la Société scientifique, Victor Puiseux, dont M. Gilbert a récemment donné dans cette revue une esquisse biographique si captivante.

Victor Puiseux, en 1848, franchissait la barrière de glaciers qui sépare les vallées de Zermatt et d'Hérins dans le Valais. La même année, il gravissait le mont Rose et atteignait le premier la cime la moins abordable et la plus élevée du mont Pelvoux, la pointe des Écrins.

Si le temps est calme quand la neige tombe, les flocons, arrivant sur le sol d'aplomb et en ligne droite, couvrent uniformément la vallée et les flancs les moins abrupts de la montagne. Ils glissent sur les pentes rapides, s'accrochent aux arêtes et aux saillies et, partout où ils se posent, s'accumulent en couches régulières. Mais il est bien rare que le temps soit calme à ces hauteurs. Fouettée par le vent, tourbillonnant avec lui et suivant tous ses caprices, elle s'amasse sur le flanc qu'il bat et elle laisse à nu le flanc opposé. Balayée ensuite par une nouvelle tourmente, elle reprend ses rondes folles et s'en va, presque au hasard, former dans les gorges des talus tourmentés, affectant les dessins d'un chaos fantastique.

Mais la neige ainsi amoncelée sur les hauteurs n'y séjourne jamais. Un très simple raisonnement peut en convaincre. Puisqu'il tombe par an 10 mètres de neige dans les Alpes, les Alpes devraient s'élever de 1000 mètres par siècle, de 10 000 mètres en 1000 ans. Rien de semblable n'arrive. Donc la neige s'en va ; mais où va-t-elle ?

Les vents froids en emportent, comme ils emportent dans nos champs la poussière. Dans les grandes tempêtes, les vagues du ciel qui balayent ces hauts sommets en enlè-

vent des millions de mètres cubes, qu'elles vont porter au loin.

Le vent du midi, chaud et sec, la fond et l'évapore. Les montagnards le connaissent sous le nom de Fœhn et sous un autre nom plus expressif : le mangeur de neige. Il peut, quand il souffle, en enlever une épaisseur de $1^{m}50$ en un jour. « Le soleil du bon Dieu, dit un proverbe suisse, ne peut rien contre la neige, si le Fœhn ne s'en mêle pas. » Horace, plus équitable, met le soleil et le Fœhn sur la même ligne :

Solvitur acris hiems grata vice veris et Favoni.

En fait, le soleil par les temps les plus favorables ne fond guère par jour qu'une couche de 50 à 70 centimètres de neige. Mais celle-ci ne quitte pas la montagne. L'eau produite par la fusion des couches supérieures s'infiltre dans les plus basses ; elle s'y refroidit bientôt et s'y congèle, cimentant les uns aux autres les flocons voisins, emprisonnant ainsi des milliers de bulles d'air ; elle forme à la neige comme une croûte opaque et dure qui la recouvrira, en attendant qu'une chute de neige nouvelle la recouvre à son tour. De là dans la masse neigeuse des stratifications parallèles, séparées par une bande compacte et grenue, stratifications que les déchirements mettent à nu.

Cette neige, imprégnée par l'eau de fusion des couches supérieures, granuleuse et opaque, est appelée *firn* par les habitants de la Suisse allemande, et *névé* par les habitants de la Suisse française. Elle ne séjourne pas sur les sommets. L'équilibre de sa masse se modifiant bientôt, elle se fendille à la surface, elle se lézarde, elle se déchire jusqu'au fond ; au lieu de la masse uniforme et moelleuse de tantôt, ce n'est plus qu'une agglomération de grands blocs, souvent cubiques, auxquels on a donné le nom de séracs, en souvenir des petits fromages de ce nom que l'on vend dans la plaine. A la longue, ces blocs chancellent sur leur

base, ils s'écroulent, c'est comme un amoncellement de ruines, la masse entière prend un aspect tourmenté, qui présage une dislocation prochaine. Puis soudain, l'heure venue, elle s'ébranle avec un grand cri de déchirement, glisse en sifflant sur le rocher nu, et se précipite comme un torrent. C'est l'avalanche.

Quand la vallée est déserte, le spectacle est grandiose. On dit que les voyageurs assis sur les pelouses de la Wengernalp battent des mains et jettent des cris d'admiration, quand, des cimes de la Jungfrau, l'avalanche longtemps attendue se détache enfin et tombe. Je le conçois.

Ces masses crevassées, qui s'ébranlent de proche en proche, qui glissent majestueusement d'abord comme un navire prenant la mer, qui soudain, précipitant leur chute, se disloquent en bondissant par-dessus les crêtes, et tombent avec un fracas de tonnerre dans la vallée qui gronde et qui gémit ; les nuages de fumée neigeuse qui s'élèvent alors comme l'écume des vagues dans la tempête, et le rocher nu qui apparaît enfin, luisant au soleil et fier d'avoir secoué son manteau de glace, tout cela est solennel et enthousiasmant.

Mais, quand la vallée n'est pas solitaire !... quand il n'y aurait là qu'une famille vivant dans l'assurance sous le toit de son chalet, parce que de mémoire d'homme l'avalanche n'est point descendue jusque-là, tout change, et le cœur est serré d'une horrible angoisse. Cette mer qui descend traînant dans sa vague mugissante, pêle mêle, roulés ensemble, de vieux pins déracinés et tordus, des blocs de rocher arrachés et brisés, c'est la mort qui arrive en bondissant de cime en cime.

Le montagnard fuit avec de grands cris d'alarme, les mères courent affolées avec leurs enfants sur les bras, le bétail lui-même, hagard et frémissant, galope au loin avec des beuglements de désespoir. Mais l'avalanche est plus rapide : hommes, femmes, enfants, chalets, troupeaux, elle les saisit tous, elle les écrase et se couche sur leurs

cadavres, comme un mausolée de granit blanc sur un tombeau.

En 1819, au pied du Weisshorn dans la vallée de Zermatt, le village de Randa fut ainsi rasé tout entier.

Et le montagnard ne saurait prévoir l'avalanche. Le pied léger d'un chamois posé sur la neige, une branchille desséchée qui cède et se rompt, un coup de vent qui secoue la neige, moins encore, l'écho d'une voix vibrant dans la montagne peut la déterminer. « Parcours sans bruit ce lieu de terreur, dit Schiller, crains d'éveiller l'avalanche endormie » ... « la lionne endormie », dit le peuple : du mot allemand *Lauwine* qui signifie avalanche, il a fait *Lœwinn* lionne, montrant ainsi jusque dans la corruption de son langage la terreur qu'elle inspire.

Aussi veille-t-il à mettre sa demeure et son foyer à l'abri de ses coups redoutables ; l'avalanche suit d'ordinaire des routes tracées à l'avance, des sillons creusés dans le flanc de la montagne, comme dans nos collines le lit des torrents. Ils suffisent au débit des neiges dans les saisons normales; mais, quand la chute a été exceptionnelle ou la fusion trop rapide, elles débordent par-dessus ces routes comme nos fleuves par-dessus leurs rives.

Dans les pentes les plus menacées, on creuse des banquettes de 3 à 4 mètres et on les garnit de pieux et de troncs de sapin. Sur les côtes, on plante des épicéas, des rhododendrons, des bruyères. C'est ce qui s'appelle « clouer l'avalanche ». Mais le meilleur rempart contre elle est une large ceinture de forêts.

Les bois qui protègent ainsi la Suisse et le Tyrol étaient autrefois sous la sauvegarde du ban national. On les appelle encore *Bannwælder*. Dans la vallée d'Andermatt, abattre un de ces arbres était un crime puni de mort. Une légende mystérieuse s'attachait à ces forêts bénies, et le soir, après l'émouvant récit d'une catastrophe, la mère recommandait à ses enfants de n'en jamais couper une branche... il en coulerait du sang !

Toutefois, même ces forêts ne suffisent pas toujours. En 1846 devant Aragnouet, petit village des Pyrénées, une avalanche se fit dans les bois une trouée, en rasant sur place plus de 15 000 sapins. Ce qui ne paraît pas incroyable, quand on songe qu'elles entraînent parfois 100 000 mètres cubes de neige entassée.

Grâce à l'avalanche, c'est dans la vallée et dans les gorges qui y conduisent que la neige des hauteurs tôt ou tard s'accumule. Elle y va former le glacier. Expliquons le secret de cette formation nouvelle.

L'hiver, quand la neige tombe, on voit les enfants, rouges de froid mais riant à gorge déployée, courir au milieu des flocons blancs, les ramasser, les presser sur toutes les faces avec de grands efforts et, à la longue, en former une balle symétrique, compacte et dure, dont les passants malheureusement ne tardent pas à connaître l'usage. Plus l'enfant la comprime et mieux elle durcit, plus elle s'avoisine de la glace.

Ces enfants n'ont rien appris du traité de la chaleur. On leur ferait ouvrir tout grands les yeux et la bouche si on leur parlait des variations du point de fusion, du regel, des expériences de Helmholtz et de Tyndall. Et cependant ils en appliquent les lois avec une assurance parfaite. Ils changent presque la neige en glace. Leur balle est une manière de petit glacier : ils ont fait entre leurs mains ce que fait la nature entre les flancs des gorges alpines.

Le professeur de physique imite ces enfants ; mais il remplace la main gauche par un cylindre creux de fonte épaisse, la main droite par un piston d'acier, et l'effort des bras par une presse hydraulique. Il remplit de neige fine le cylindre, et introduit le piston par-dessus ; la presse l'y enfonce avec énergie et, quand on l'en retire ensuite, on trouve, au fond du cylindre, au lieu d'une neige fine et granuleuse, un disque mince, compact et transparent. Ce n'est plus de la neige, c'est de la glace fine et pure.

On peut en guise de cylindre employer un moule de forme

quelconque : la neige entassée et comprimée deviendra glace en prenant la forme du moule, et l'on en retirera des lentilles, des anneaux que l'on enlacera en chaîne, ou même — l'expérience est de Tyndall — des coupes où l'on pourra boire quelques gorgées de champagne frappé.

Comment expliquer cette transformation qui, à première vue, peut paraître surprenante ?

La neige est formée, comme nous l'avons vu, de petits cristaux réguliers, de fines aiguilles qui s'enchevêtrent pour former le flocon On conçoit qu'en les écrasant, en les pulvérisant, en les entassant, on parvienne à les loger dans le creux d'un moule de forme donnée. Les fondeurs en font autant avec du sable. Mais que cette poussière de neige se fusionne ensuite, qu'elle devienne dure comme la glace, cohérente et transparente comme elle, qu'elle devienne de la vraie glace en un mot, on le conçoit moins.

Remarquons d'abord que si l'on en demeure à des pressions médiocres, la transparence ne s'obtient pas. La balle des gamins n'est pas transparente, non plus que les statues qu'ils dressent dans la neige, si bien qu'ils les aient pétries. Pour retirer du cylindre le disque transparent dont je vous ai parlé, il faut exercer sur le piston des pressions considérables. Cela posé, voici l'explication du mystère.

La neige fond à la température de 0° et redevient la goutte d'eau : c'est à cette même température que la goutte d'eau était devenue grain de neige et que, demeurée dans le lac ou le fleuve, elle serait devenue glace. Cette température 0° est comme un point de repère placé au milieu d'un chemin. On le rencontre en allant et en revenant. La glace qui va se réchauffant arrive à ce point 0° et se fond. L'eau qui va se refroidissant arrive à ce point 0° et se fige. Mais l'eau peut se refroidir sous deux formes : sous forme de nuages, elle devient la neige ; sous forme de nappe liquide, elle devient la glace.

Il est donc une température précise où d'une part la glace se fond et où de l'autre l'eau se congèle. J'ai dit que c'était

la température 0° : cela est vrai dans les conditions normales. Mais un changement dans la pression que subit l'eau ou la glace fait changer cette température. Une augmentation de pression d'une atmosphère hâte la fusion de la glace d'un douzième de degré centigrade. La même pression retarde d'un douzième de degré la solidification de l'eau. Boussingault, en 1870, a retenu de l'eau sous pression dans un canon d'acier, et il a pu la faire descendre à — 20° sans qu'elle devînt glace.

Ce sont là des principes de physique élémentaire. Appliquons-les.

La neige est introduite dans le cylindre à une température inférieure à 0° ; elle y est d'abord écrasée et tassée, puis, la pression augmentant toujours, elle commence à fondre ; d'abord par ses points de contact avec les grains du voisinage, car c'est sur eux que la pression se fait sentir le plus vivement, puis dans toute sa masse. Si, au moment où la presse hydraulique exerce sur elle ce grand effort, on pouvait percer du regard l'épaisseur des parois de fonte, ce n'est point de la neige que l'on verrait, mais de l'eau, de l'eau limpide et claire.

Voilà donc, dira-t-on, de la neige fondue sans chaleur. Il semble que oui. Nous n'avons mis notre cylindre en rapport avec aucun genre d'appareil de chauffage. Mais c'est là une erreur. Le travail que nous avons produit en actionnant la presse hydraulique, ce travail transmis par tous les organes de la machine jusqu'à la base du piston d'acier, ce travail s'est transformé au contact de la neige en chaleur ; la neige l'a emmagasinée, elle s'est fondue, et l'eau comprimée tient cette chaleur captive.

Cessez d'actionner la machine, laissez le piston libre, tout travail extérieur disparaît, la pression disparaît avec lui ; l'eau reprend son volume et, si peu différent qu'il soit du volume sous lequel elle était comprimée, le travail de dilatation qu'elle doit réaliser pour le reprendre épuise toute la chaleur qu'elle avait emmagasinée ; elle retourne

à 0° et se fige. Ouvrez le cylindre et retournez-le ; ce n'est plus de l'eau, c'est de la glace transparente.

Revenons aux glaciers.

La neige tombée des hauteurs accumule ses couches dans la vallée. Il est évident que la nouvelle venue, se couchant sur l'ancienne, l'écrase de tout son poids, en attendant qu'une autre l'écrase à son tour. Mais l'ancienne en avait fait autant de la précédente, et ainsi de suite depuis l'origine. Il y a donc là une masse effrayante de neige au sein de laquelle les pressions vont croissant sans cesse, depuis la surface jusqu'aux dernières profondeurs. Un mètre cube de neige fraîchement tombée ne pèse guère que 85 kilogrammes. Quand le soleil l'a transformée en névé, le même volume pèse 500 à 600 kilogrammes. Mais le névé pris à la base, déjà plus dense et plus compact, pèse de 900 à 960 kilogrammes le mètre cube. Et c'est par millions de mètres cubes que l'avalanche le précipite.

La neige d'en haut agit donc sur la neige d'en bas comme la main droite de l'enfant, comme le piston d'acier de notre machine, et comme eux elle la transforme en glace.

Si l'on imagine un glacier idéal au sein duquel aucune révolution d'aucun genre n'a jeté le désordre, une coupe verticale dans la masse qu'il enferme laisserait voir les phases successives du phénomène.

Au sommet, la neige poussiéreuse qui vient de tomber du ciel. Plus bas, le névé avec ses grains ronds et les filons d'eau congelée qui le marbrent. Plus bas, le névé encore, mais écrasé et condensé, déjà compact. Plus bas, la glace dure, cohérente, mais opaque à cause de la multitude des bulles d'air qu'elle renferme dans son sein. Plus bas enfin et jusqu'au fond, la glace transparente et pure, reflétant comme l'eau des grands lacs les teintes bleues du ciel.

Mais on ne rencontre nulle part ce glacier régulier et tranquille. La mer de glace, le plus connu et le plus visité des glaciers de l'Europe centrale, semble l'un des plus

calmes et des moins tourmentés ; et pourtant sa surface est hérissée de pics, relevés comme les vagues d'une mer tempétueuse. Elle appartient au système des glaciers du mont Blanc, qui attirent les voyageurs du monde entier. A première vue on dirait voir un fleuve solide, cheminant entre des rives sauvages et suivant tous les méandres de la gorge qui l'enferme. Si l'on étudie en détail le plan de ce glacier, le cachet fluvial y apparaît davan-

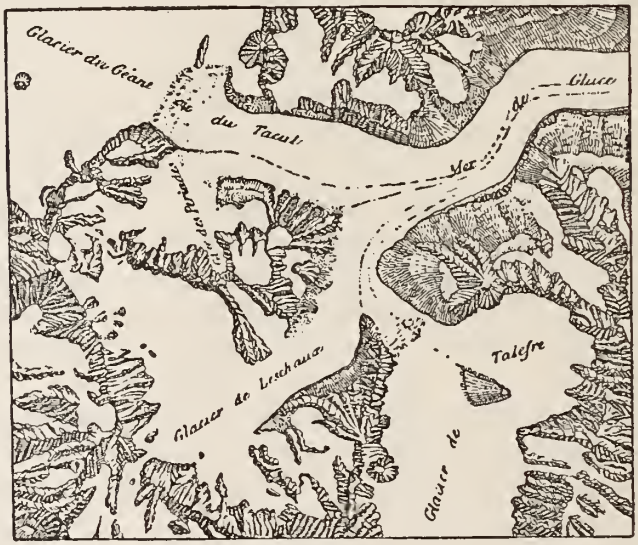


Fig. 1.

tage encore et plus saisissant. Le glacier du Tacul ou du Géant lui fournit ses grands flots ; mais il s'enrichit dès l'origine de l'apport du glacier des Périades. Plus loin, il reçoit le glacier de Léchaux ; plus loin encore, le glacier du Talèfre. La mer de glace a donc, comme un fleuve, ses affluents et ses tributaires. J'insiste sur cette comparaison, qui du premier coup frappe un observateur attentif. Elle est d'ailleurs rigoureuse.

Mgr Rendu, longtemps avant les mesures précises que je vais exposer, écrivait cette phrase devenue célèbre : « Entre la mer de glace et un fleuve la ressemblance est si complète, qu'il est impossible de trouver pour le glacier un phénomène qui ne se reproduise pas pour le fleuve. »

Si l'on veut bien ne pas tenir compte des aspérités qui la déchirent, la mer de glace semble former, entre les parois des monts qui l'enserrent, une surface à peu près horizontale. En réalité, sa pente est assez légère au point où nous l'avons considérée : 5 ou 6 degrés sur l'horizon. En d'autres points, devant Chamounix, par exemple, elle offre une déclivité beaucoup plus grande.

Le glacier d'Aletsch, au pied de l'Æggischhorn, n'est incliné que de 4 degrés.

Les glaciers du Finsteraarhorn penchent de 10° ; ceux du mont Rose de 20 degrés.

Le glacier supérieur du Grindelwald penche de 27 degrés.

En somme, l'inclinaison du glacier répond à l'inclinaison de la vallée, et oscille comme elle entre une limite inférieure de 3°, et une limite supérieure de 30° et même 50°.

Comment décrire l'aspect sauvage et tourmenté qu'ils offrent à l'œil du voyageur ? L'avalanche y accumule les blocs dans un désordre vertigineux, elle les entasse pêle-mêle comme des pans de mur dans une ruine babylonienne, même quand on s'écarte des bords de la montagne, au milieu du glacier où l'avalanche n'atteint pas, le même aspect de nature fauve apparaît toujours.

On a comparé le glacier à la coulée de lave d'un volcan. Rien n'est moins exact à tout point de vue ; la lave en se figeant arrondit et émousse ses bords ; le glacier hérisse ses pointes et brise ses blocs en arêtes vives et tranchantes. Il n'est guère possible de s'y méprendre.

Les touristes les plus hardis sont saisis d'effroi en présence de ce bouleversement et de ce désordre ; et pénible-

ment, de roc en roc, attachés les uns aux autres par des cordes, ils gravissent les pentes. Parfois le bâton ferré et les cordes deviennent un vain secours : les enjambées ne suffisent plus, il faut recourir aux échelles.

Si prudents, si bien armés qu'ils soient, de grands et d'incessants dangers les entourent : le martyrologe des Alpes s'enrichit chaque année de pages sinistres. Ces masses sur lesquelles leur pied repose, ces pics élancés qu'ils ont appelés des aiguilles et sur lesquels ils se hasardent, peuvent à chaque instant s'ébranler et les entraîner dans l'abîme. L'avalanche peut les atteindre et les ensevelir.

Le vertige peut les frapper sur les crêtes fragiles. Le grand danger pourtant n'est pas là.

Le glacier, dans presque toute son étendue, est déchiré de mille fentes. Ce sont les crevasses fameuses sur lesquelles nous aurons bientôt à revenir.

La plupart sont au voisinage des rives. Parfois dans le silence de ces solitudes glacées retentit un craquement sec, suivi du sifflement strident d'une déchirure. On dirait un diamant qui raie le verre. C'est une crevasse qui se forme, c'est le glacier qui se fendille. Imperceptible d'abord, la déchirure va s'élargissant et s'approfondissant toujours ; bientôt c'est un abîme. Sur une longueur de plusieurs centaines, parfois même de plusieurs milliers de pieds, il y a là une fente béante, dont les lèvres s'écartent à 20, 30 et même 100 pieds, et dont l'œil n'atteint pas le fond. On a tenté mainte fois de sonder ces grandes crevasses. Tyndall trouva cent soixante pieds de profondeur à l'une d'elles; mais fréquemment on a vu la sonde descendre à 300 et à 350 pieds.

Quand l'avalanche tombe, elle remplit la crevasse d'éboulis irréguliers qui s'y entassent et la comblent. Parfois ils la transforment en une manière de caverne mystérieuse. Tyndall qui s'était fait descendre dans l'une d'elles écrit : « J'étais comme baigné dans une lumière bleuâtre; l'étrange beauté de cet endroit avait quelque chose de

magique; les contes et les cavernes de fées que j'avais entendus dans mon enfance semblaient revivre devant mes yeux. »

La neige en tombant s'engouffre d'abord dans la crevasse, mais bientôt, à la manière des corniches dont je parlais au début, elle jette un pont d'une lèvre à l'autre, et recouvre l'abîme d'un manteau perfide. Le voyageur qui aurait reculé s'il avait vu le gouffre béant, avance sans crainte et pose un pied confiant sur cette blanche neige. Elle ne cède pas au bord, car elle est appuyée ; mais au milieu, elle s'effondre. Le malheureux jette un cri et, devant ses compagnons frissonnant d'épouvante, il disparaît. C'est le drame ordinaire des glaciers. La plupart des accidents survenus dans les montagnes sont dus à l'éboulement de ces ponts fragiles.

En la dernière année du 18e siècle, un jeune poète allemand, F.A. Eschen, voyageait avec un ami dans les Alpes. Arrivé au glacier du Buet, déjà accoutumé aux montagnes, ardent et aventureux comme on l'est toujours en ce beau temps de jeunesse, il dédaigna de prendre un guide et, seul avec son ami, il s'en fut à travers les glaces. Il chantait en marchant. Tout souriait, tout chantait avec lui dans les montagnes. Soudain sa voix s'étrangla dans sa gorge, le sol manquait, il s'engouffra... la neige tourbillonna un instant par-dessus l'abîme; puis, comme elle s'était ouverte, elle se referma. Affolé de terreur, son compagnon courut à Servoz chercher du secours. Les guides s'empressèrent, on déblaya la crevasse, on creusa fiévreusement dans la neige; après de longues heures, à 30 mètres, deux mains apparurent crispées et pâles. Le pauvre Eschen était là, les bras tendus par-dessus la tête, debout, comme un marbre, figé et raidi par la glace et par la mort.

Il y a dans les Alpes près de 1100 glaciers dont la superficie totale est de 3050 kilomètres carrés. La mer de glace, depuis le col du Géant jusqu'aux sources de l'Aveyron, mesure 12 kilomètres.

Le glacier d'Aletsch a une longueur double, et mesure une superficie de 100 kilomètres carrés. Les glaciers du mont Blanc réunis couvrent une surface de 282 kilomètres carrés et, d'après Huber, ont un volume de 14 milliards de mètres cubes.

Le massif de l'Oetzthal, au Tyrol, offre une étendue de glace de 575 kilomètres carrés. Le glacier du Pasterze mesure à lui seul, d'après les frères Schlagintweit, 9400 mètres en longueur, 4110 mètres en largeur et 216 mètres en profondeur moyenne.

Mais le colosse des glaciers de l'Europe,ou du moins de son voisinage, est sans contredit le glacier d'Eisblinck, au sud de Goodhab dans le Groënland. La pointe de ce môle immense glisse dans la mer de Behring, en formant un cap dont le développement n'a pas moins de 22 kilomètres ; et, debout sur cette falaise, le dos tourné à la mer,le voyageur aperçoit à l'horizon, à 50 ou 60 kilomètres de distance, les premières nappes du glacier,tranchant toutes blanches sur le ciel bleu du pôle.

Et pourtant, ces glaciers gigantesques,ces glaciers durs comme le granit qui les enferme, ces glaciers qui semblent invinciblement soudés au rocher qui les porte, ces glaciers coulent entre leurs bords, comme un fleuve coule entre ses rives. Mgr Rendu avait raison.

En juillet 1761, Saussure passait avec Pierre Simon, son guide, sous un glacier très élevé du mont Blanc. Du bas, il contemplait un bloc de granit porté par les glaces et dont la pointe les dépassait de 40 pieds. Il en notait la structure et les veines avec le souci des détails dont ses mémoires offrent la trace à chaque page. « Hâtez-vous, lui dit Pierre Simon,car le glacier avance et le fera rouler sur nous. » Saussure s'écarta. A peine était-il à l'abri que la masse s'ébranla. « Il glissa d'abord, dit-il, assez lentement sur les débris qui lui servaient de base ; puis il s'abattit sur sa face antérieure, puis sur une autre ; peu à peu il se mit à rouler et, la pente devenant plus rapide,

il commença à faire des bonds, d'abord petits et bientôt immenses ; on voyait à chaque bond jaillir des éclats, et du bloc même et des rochers sur lesquels il tombait ; ces éclats roulaient après lui sur la pente de la montagne, et il se forma ainsi un torrent de rochers grands et petits, qui allèrent fracasser la tête d'une forêt... avec un bruit et un ravage étonnants (1). »

Le mouvement des glaciers dans leur lit n'est pas une découverte contemporaine. Depuis longtemps les montagnards des Alpes se passaient de père en fils cette croyance, « que le glacier avance et recule alternativement de sept en sept années. »

Il y avait là, comme dans beaucoup de constatations populaires, de grosses erreurs sur un fond vrai. Le glacier se meut, il descend, il avance sur sa pente inclinée ; mais il ne recule pas. Nous verrons plus tard dans quel sens très impropre on pourrait entendre son prétendu recul.

Que le glacier se meuve et qu'il descende, rien n'était plus facile à constater. L'avalanche en tombant des flancs de la montagne entraîne avec elle des fragments de rocher qui parfois ont des dimensions surprenantes ; ces blocs s'incrustent dans la glace et la suivent ; les moindres passent inaperçus, mais les plus grands frappent par leur dimension, leur forme ou leur veinure l'attention du montagnard. Il les voit, les remarque, les admire et leur donne un nom propre, comme à un nouveau-né de sa famille. Or il ne tarde pas à s'apercevoir que telle pierre énorme, ainsi baptisée lors de sa découverte, qui se trouvait alors en face du pic dont elle s'était détachée et sur lequel brillait à nu la trace de sa déchirure, que cette pierre, aujourd'hui, à un an de distance, toujours incrustée dans la glace, se dresse à cent mètres plus bas. Le montagnard, sans un bien grand effort de logique, en conclut que la glace a marché, qu'elle est descendue. Il a parfaitement raison.

(1) *Voyage dans les Alpes*, t. Ier, p. 384.

Les guides qui accompagnèrent Saussure, en 1788, abandonnèrent une échelle au pied de l'aiguille Noire. Forbes la retrouva, en 1832, à 4050^{m} en aval. Ch. Martins, en 1845, ramassa ses débris à 4420 mètres plus bas. Elle était descendue en moyenne de 92 mètres par an.

Il y eut des constatations plus sinistres. En 1820, trois guides disparaissent et sont engloutis dans une immense crevasse ouverte au pied du mont Blanc.

Quarante ans après, on découvrit leurs restes au pied du glacier des Bossons. Ces cadavres ensevelis dans les profondeurs avaient cheminé au taux de 150 mètres par an.

Pendant longtemps, l'expérience en demeura là. Elle manquait de précision scientifique. Et pourtant, en somme, les expériences rigoureuses que je vais décrire n'en diffèrent pas.

La première en date est due à Hugi. Il fit construire, en 1827, sur le glacier de l'Unteraar une petite cabane dont il détermina la position par un point de repère fixé au rocher de l'Abschwung. En 1830, la cabane se trouvait 100 mètres plus bas ; en 1836, elle était descendue à 714 mètres ; en 1841, à 1428.

Elle avait donc, par an, fait en moyenne 102 mètres.

En 1840, Agassiz construisit sur le même glacier une hutte en rocaille ; par dérision, on l'appela l'hôtel des Neufchâtelois. Deux ans après, l'hôtel fut retrouvé à 148 mètres.

Rien de fort précis encore dans ces données expérimentales. Mais Agassiz lui-même sur l'Unteraar et M. Forbes sur la mer de glace, entreprirent, en 1847, des mesures rigoureuses.

Dix ans après, Tyndall reprenait ces mesures, et tranchait définitivement la question.

Le centre de ses opérations fut une petite auberge, posée comme un nid d'aigle, en face du glacier. Elle est devenue célèbre, c'est l'hospice du Montanvers. Elle profile son toit sur l'aiguille des Charmoz. Au temps de Saussure, en

place de l'auberge il y avait un *château ;* mais ce château n'était qu'une petite cabane de planches où, pour dormir à trois, il fallait s'asseoir entre les jambes les uns des autres.

Suivons M. Tyndall sur la mer de glace.

Un théodolite est établi à l'un des bords du glacier sur le sol ferme, et sa lunette dirigée vers le bord opposé est fixée dans un plan vertical invariable. Des aides passent la mer, et vont à l'autre bord fixer, au rocher également, une mire dont la croisée répond à l'axe optique de la lunette. Deux points sont pris ainsi qui déterminent à travers le glacier une droite géométrique : le centre du théodolite d'une part, et de l'autre le centre de la mire. Les aides enfoncent ensuite, le long de cette ligne idéale, sous la direction de l'observateur qui ne quitte pas la lunette, une série de poteaux dans des trous profonds forés au sein du glacier. L'on arrête en ce point le travail de la journée. Tout reste en place jusqu'au lendemain et l'on remonte.

Le lendemain on descend au glacier. La lunette du théodolite n'a pas bougé, la croisée de son réticule couvre encore la croisée de la mire. Mais aucun des poteaux n'est resté en ligne. Tous se sont déplacés ; il s'agit de mesurer leur déplacement. A cet effet, tandis que l'observateur, l'œil à la lunette, suit du regard la ligne idéale, un aide enlève un à un les poteaux et les ramène successivement dans l'alignement d'hier, en mesurant pour chacun le recul qu'il faut lui imprimer.

Multipliez ces observations en plusieurs points du glacier, surtout en ces points où il s'infléchit et se courbe : il est évident que vous pourrez vous rendre un compte exact de son allure à la surface. Poussez plus loin, faites comme Tyndall, descendez dans le gouffre des crevasses pour y planter vos jalons, vous découvrirez la marche des couches profondes, et vous pourrez la comparer à celle des couches superficielles. Reprenez les mêmes mesures sur des glaciers divers, à pente et à flexion variables, et vous finirez par

découvrir la loi générale de leurs mouvements. C'est ce qui a été fait et, bien que cette étude soit encore incomplète, elle a donné déjà les résultats suivants :

1° Tout glacier, comme tout fleuve, descend des hauteurs vers la vallée.

2° La vitesse moyenne de son cours varie avec la pente du lit, la masse du glacier lui-même, la température du ciel et du sol.

3° La vitesse de progression du glacier, dans les endroits où ses rives sont rectilignes, est maximum au centre, minimum au voisinage des bords.

4° Dans les parties sinueuses de son cours, le lieu des points de vitesse maximum se rapproche du bord convexe.

Cette dernière loi s'explique aisément, si l'on songe qu'au voisinage des bords le glacier éprouve, du fait des surfaces rocheuses auxquelles il adhère, des frottements et des résistances qu'il ne rencontre pas au centre.

5° Les couches profondes du glacier sont en retard sur ses couches superficielles. Le motif en est le même.

On a trouvé que la vitesse des glaciers varie de $0^m,25$ à 1^m 25 par jour. En été elle est à peu près le double de ce qu'elle est en hiver.

Telles sont les lois générales qui règlent le cours des glaciers. M. de Lapparent qui a exposé parfaitement, dans son magnifique Traité de géologie, l'ensemble de nos connaissances sur ce sujet, les résume ainsi : « Le glacier se comporte comme un fleuve imparfait, dont l'analogie avec les eaux courantes croît à mesure que la température s'élève. »

Certes c'est là un des phénomènes les plus inattendus et les plus solennels de la nature. Notre esprit, dans ses vues primesautières, croit à l'immobilité de toutes les grandes choses. Il a cru la terre immobile, elle se meut ; il a cru les étoiles fixes, elles se meuvent ; il a cru que ces grands monts qui hérissent le globe étaient inébranlables et pou-

vaient porter les cieux, ils s'élèvent ou ils s'abaissent ; il a cru les océans enfermés dans un cercle de fer, ils s'avancent en rongeant leurs rives. Dieu a mis le mouvement en toutes choses. Rien n'est en repos dans le grand univers sorti de ses mains, une force mystérieuse pousse en avant la nature, et elle va cherchant dans un centre lointain le lieu de son repos.

Le glacier se meut donc, il marche en avant. Nous l'avons constaté, mais nous ne pouvons pas en rester là ; nous nous trouvons devant le fait observé et mesuré, nous devons en connaître le pourquoi et le comment.

Le pourquoi, la cause de ce mouvement est fort simple. En vérité, je n'en trouve qu'une ; des auteurs en citent deux et même trois, mais ce sont plutôt des conditions qui facilitent le jeu de la cause, que des causes proprement dites. La seule, l'unique cause en jeu c'est la pesanteur. Ces masses immenses de glace et de neige ne sont pas en équilibre sur la pente qui les supporte, la pesanteur les sollicite à descendre; l'adhérence du sol et des bords, la résistance des anfractuosités de ce lit rugueux, le rétrécissement des gorges, s'opposent à cette sollicitation et l'entravent. Il y a là en résumé deux forces contraires appliquées à un même objet, la pesanteur d'une part, la somme des résistances de l'autre. Si les résistances s'accentuent, la marche du glacier se ralentit ; si les résistances fléchissent, elle se précipite.

La chaleur de l'été, l'infiltration des eaux tendent à diminuer les résistances, mais elles n'interviennent pas comme cause directe du phénomène. Cette grande loi de l'attraction universelle, de la pesanteur universelle régit le cours des glaciers, comme elle régit le cours des astres, comme elle régit l'univers.

Mais comment se produit le mouvement des glaciers ? Question plus mystérieuse, et qui n'est pas aussi facile à résoudre du premier coup. Car enfin, nous n'avons pas affaire ici à un cours d'eau fluide et mobile, ni même à un

jet de lave ou d'acier fondu, mais à une masse solide, compacte et résistante. On conçoit qu'un fleuve se moule à toutes les inflexions de ses bords, on conçoit que, gêné par leur étranglement, il élève son flot, s'engorge et se précipite en s'étranglant lui-même, mais de la glace ! de la glace dure à la façon d'une pierre !

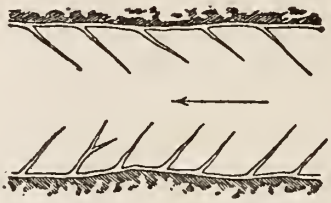


Fig. 2.

La glace ne coule pas comme l'eau des fontaines, elle ne se laisse point mouler comme un jet de lave ou d'acier fondu, mais elle se brise comme verre.

Prenez un entonnoir d'acier, introduisez-y un morceau de glace assez grand pour être arrêté à mi-profondeur du cône, puis exercez sur ce bloc une pression énergique. Il se brisera en mille pièces peut-être, mais il passera.

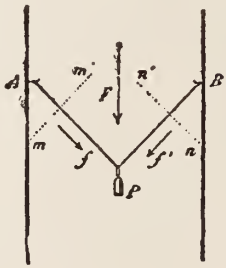


Fig. 3.

Fig. 4.

Ces grands rochers des Alpes, ces vallées et ces gorges étranglées sont une manière d'entonnoir où tombe la glace. Elle se soude à ce fond hérissé, elle s'accroche à ces flancs abrupts ; mais, sous l'énorme poussée des glaces du dessus, les glaces du dessous cèdent, se déchirent et passent.

De là cet aspect ruineux du glacier, de là ces blocs qui s'entassent en élevant les unes par-dessus les autres leurs crêtes brisées, de là ces déchirures, ces crevasses, ces abîmes que nous allons étudier en détail maintenant, car ils portent sur eux l'histoire du phénomène.

Le plus grand nombre de ces crevasses s'observe sur les bords. On les a nommées crevasses marginales, et leur interprétation est assez délicate pour autoriser l'emploi de figures. (Voir fig. 2).

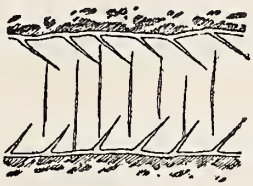


Fig. 5.

La flèche marque le sens dans lequel le glacier coule. A première vue, la direction des crevasses semblerait indiquer le sens inverse. Agassiz lui-même s'y est trompé. En réalité, voici ce qui arrive. Le courant étant plus rapide au centre que dans le voisinage des bords, il se produit, du fait de cette inégalité, une tension du bord vers le centre ; la glace, ne pouvant fléchir, cède en se rompant, mais perpendiculairement à la direction de l'effort qu'elle subit.

Fig. 6.

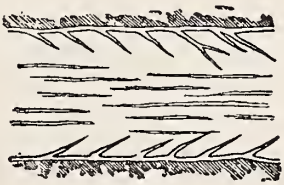


Fig. 7.

Tendez entre deux parallèles en A et en B (fig. 3) une corde et suspendez-y un poids P. La corde subira de droite et de gauche une tension qui la rompra si le poids est

considérable, mais la rupture se produira perpendiculairement à la direction de la tension suivant *mm'* et *nn'*. C'est là le cas des crevasses marginales.

Quand le glacier rencontre en travers de son lit une éminence ou une crête, il la franchit et la descend ensuite (fig. 4), mais en se brisant à la surface dans le sens de sa largeur. C'est l'origine des crevasses transversales dont le secret saute aux yeux. La figure 5 les représente en plan.

Les crevasses longitudinales ne sont pas plus difficiles à comprendre : elles se produisent quand le glacier rencontre, au fond du lit où il coule, une arête en dos d'âne parallèle à son cours (fig. 6 et 7).

Enfin, quand le front du glacier sort de l'étranglement des roches, et s'étale dans la plaine, comme une gerbe qui s'ouvre, il s'épanouit, se déchire et forme ce que l'on appelle ses crevasses frontales.

Donc, si le glacier coule le long de ses rives, s'il parvient à en franchir les accidents les plus enchevêtrés, c'est que, sous la gigantesque pression qu'il subit du sommet vers la base, il se fend, se brise et se taille, pour ainsi dire, à la mesure des bords que lui font les montagnes.

Telle est la théorie développée et soutenue par Helmholtz et Tyndall.

Mgr Rendu, évêque d'Annecy, pour qui Tyndall lui-même ne cache pas une admiration convaincue, en défend une autre : « La multitude des faits, dit-il, semble exiger que nous accordions à la masse des glaciers une sorte de ductilité qui lui permet de se mouler sur le lit qu'elle occupe, de s'amincir, de se gonfler et de se contracter comme si c'était une pâte molle. »

Forbes est du même avis : « Un glacier, dit-il, est un fluide imparfait, un corps visqueux qui est poussé en avant sur des pentes inclinées, par la pression naturelle qu'exercent ses parties les unes sur les autres. »

C'est la théorie de la plasticité ou de la viscosité de la

glace. Elle vient d'être reprise tout récemment dans la *Revue scientifique* par un savant russe, P. Kropotkine.

Entre ces deux théories laquelle faut-il choisir?

Je crois qu'il faut, comme presque toujours, prendre un peu de l'une et un peu de l'autre, cueillir dans chacune la part de vérité qu'elle contient et, de ces parts réunies, faire la vérité totale. Que la glace jouisse d'une certaine plasticité, des expériences positives le démontrent. Ainsi, une planche de glace suspendue par ses deux bouts s'infléchit, se courbe à la longue et garde ensuite sa courbure. Sous pression, cette plasticité se développe et s'agrandit. M. Tresca a publié de beaux mémoires sur les lois de l'écoulement des solides. On peut voir chaque jour le plomb et l'étain, comprimés à froid, sortir du moule où on les presse pour former en coulant les tubes que nous fournit l'industrie. La glace peut se comporter comme eux.

Il est donc raisonnable d'admettre que cette plasticité de la glace intervient dans les mouvements des glaciers et les facilite.

Mais il est évident aussi qu'elle ne suffit pas à expliquer tout le phénomène, et la preuve, c'est que le glacier se fendille, qu'il se lézarde et se brise. Les milliers de crevasses dont il est déchiré dans tous les sens le disent assez. Et certes ces mésaventures ne lui arriveraient pas, s'il coulait à la manière d'une « pâte molle ». Il convient donc pour donner la théorie complète des glaciers de fondre ensemble ces théories rivales.

Je sais que cet éclectisme déplaît à certains esprits qui voudraient voir les théories sortir de la tête des savants, toutes faites et tout armées, comme Minerve du cerveau de Jupiter. Mais il me semble qu'une théorie est comme un vêtement que l'esprit humain fait à la nature. Il serait aisé de lui jeter sur les épaules un lambeau d'étoffe et de l'y draper à la romaine ; on s'en est contenté durant des siècles. De nos jours, la science est plus exigeante ; elle

veut que l'habit aille comme un gant. On n'y arrive pas du premier coup ; il y a des plis ; il faut que l'on essaye plusieurs fois, et que patiemment on fasse des reprises.

Mais, dira-t-on, suivant la théorie exposée, le glacier à la fin de son cours, après tant de brisements renouvelés sans cesse, ne devrait plus offrir que des débris, des fragments ruineux, des cailloux, une poussière de glace, et non point cette colossale assise, lézardée, il est vrai, mais toujours une et compacte.

Il en serait ainsi, si la glace déchirée et brisée ne se ressoudait pas. Mais elle se ressoude ; elle se ressoude sur-le-champ.

Cette propriété de la glace, que nous connaissons en physique sous le nom de regel, est très facile à constater. Prenez deux morceaux de glace, posez-les l'un sur l'autre, et un instant suffira pour établir entre leurs surfaces de contact une soudure que vous aurez peine à rompre. Cela s'explique aisément. Les deux surfaces que vous avez superposées étaient recouvertes d'une mince nappe d'eau, provenant de leur fusion commencée ; cette petite nappe, une fois emprisonnée, est à l'abri de la température extérieure, elle prend la température de la glace qui l'entoure maintenant, et à cette température, qui est au moins 0°, elle devient glace elle-même. Si nulle trace de fusion superficielle n'existait à l'avance sur les morceaux que vous avez superposés, la simple pression que le poids de l'un aura exercée sur l'autre fera fondre les premiers points de contact et donnera naissance à une petite nappe liquide aussitôt congelée.

Ce phénomène, que nous étudions en petit dans nos laboratoires, se passe en grand dans les glaciers. Entre les blocs brisés et jetés l'un sur l'autre, la pression des couches d'en haut établit des adhérences intimes. Elle fond d'abord les points de rencontre, elle les écrase et en fait de larges surfaces sur lesquelles, en se disséminant, elle étale son énergie. Ainsi répandue et divisée, cette pression arrive à

ne plus déterminer la fusion à la température de la masse, la nappe d'eau qu'elle avait produite se solidifie, et le glacier reprend son unité et sa continuité.

Voilà donc, dans les détails de son mécanisme, la solennelle marche du glacier. Il quitte les sommets neigeux, où toute vie semble éteinte et sur lesquels planent seuls l'aigle et l'autour, il descend le long des côtes abruptes qu'il déchire en passant, il descend jusqu'aux flancs dénudés où le lichen seul accroche sa racine et sa mousse, il descend à travers ces bois de pins agrestes plantés comme une avant-garde de la vallée... il descend, il descend toujours.

La vallée, va-t-il l'envahir? Non, cette masse immense que n'ont pas arrêtée les flancs engorgés de la montagne va enfin trouver un maître. A ses pieds le montagnard bâtira sans crainte ses chalets et son église. Il sait que le monstre est vaincu.

En descendant des hauteurs, le glacier ne tarde pas à rencontrer des niveaux où la température est supérieure à celle de la fusion de la glace. Le sol sur lequel il glisse, les côtes qui le bordent, l'air qui le couvre, tout ce qui le touche l'échauffe et le ruine. Il fond par la base, il fond par les flancs, il fond par la surface. De tous côtés, des filets d'eau ruissellent et courent en serpentant ; plus rapides que le glacier, ils le devancent, ils tombent sur le sol, s'unissent les uns aux autres et se creusent un lit. C'est un ruisseau d'abord, c'est bientôt une rivière ; ce sera le fleuve.

On a observé que, dans les Alpes suisses, la fusion enlève ainsi à l'extrémité du glacier une épaisseur de 6 à 8 mètres par année. Même, sur un des points du glacier de l'Unteraar, M. Desor a constaté que la fusion, durant plusieurs mois, enlevait jusque 7 centimètres de glace en 24 heures ; ce qui donnerait $25^{m},50$ par an. Ce sont là des chiffres qui, par la nature même du phénomène qu'ils mesurent, doivent varier beaucoup. Si la fusion enlève au

glacier, dans la vallée, précisément la quantité de glace que son mouvement y amène : il est évident que la pointe du glacier semblera immobile, l'apport de glace nouvelle masquant ses pertes. Si la fusion lui enlève davantage, la tête du glacier semblera reculer dans la montagne ; si elle lui enlève moins, cette même tête du glacier paraîtra avancer dans la vallée. Mais l'énergie de la fusion, d'une part, dépend de la chaleur plus ou moins grande de l'année ; d'autre part, l'apport des glaces dépend de la quantité des neiges tombées durant ce même intervalle ; ce sont là deux termes essentiellement liés aux conditions météorologiques. Celles-ci étant fort changeantes, ils doivent changer avec elles.

Les montagnards, en disant que le glacier avance alternativement et recule de sept en sept années, parlent de ces mouvements, de ces déplacements apparents de son front dans la vallée. A ce point de vue, leur langage n'est pas absolument inexact ; mais le chiffre de sept ans est bien certainement incorrect. Si quelque période peut mesurer cette oscillation lente du front des glaciers, sa durée serait, d'après M. Forel, de dix ans, ou même de vingt-cinq ans.

« L'existence de ces périodes est un fait certain, écrivait Saussure dans son *Voyage dans les Alpes*, leur régularité seule est imaginaire ; mais, comme on le sait, la régularité plaît aux hommes ; elle semble leur assujettir les événements ; et ce nombre mystérieux de deux fois sept années, assez grand pour que le souvenir de l'état précis des choses se soit effacé de la mémoire de ces bonnes gens qui ne tiennent aucun registre, a pu facilement trouver créance dans leurs esprits (1). »

Quand la température de l'air l'emporte sur la température du sol, l'eau tombe en cascade du front du glacier. Quand la température du sol l'emporte au contraire, le

(1) T. 1er, § 340, p. 580.

glacier se creuse par le pied, il se ronge en ouvrant dans sa masse de magnifiques cavernes. C'est dans l'une des cavernes de la mer de glace que l'Aveyron prend sa source. Parfois des stalactites de glace descendent par centaines des voûtes de la caverne et la transforment en une forêt féerique ; mais que le touriste se garde d'y pénétrer. La solidité apparente de ses murailles est perfide ; à chaque instant cette grotte enchantée, ce palais de cristal peut devenir un tombeau.

Parfois, quand la vallée s'étend en plaine, le glacier fondant forme de ses eaux réunies la nappe d'un lac calme et tranquille. L'un des plus grands et des plus beaux est sans contredit la Märjelen See, en face de l'Æggischhorn, sur la rive gauche du glacier d'Aletsch. Il a un kilomètre et demi de longueur, 350 mètres de largeur et une profondeur de 7 à 8 mètres. Ses eaux bleues, pures et transparentes baignent le pied du glacier et, comme des cygnes blancs, de petites banquises flottent çà et là à sa surface.

Mais, si belle qu'en soit la vue, elle a quelque chose de rude et de sauvage. Ces montagnes sans bois et sans verdure ; ces pics glacés du fond, tout frissonnants sous la neige qui les couvre, sont durs et brisants.

Il me reste à parler d'un détail qui, dans l'histoire des glaciers, semble de mince importance, mais qui, au point de vue de la science, est du plus haut intérêt.

L'avalanche, en roulant du haut des montagnes, arrache à leurs flancs des éclats, dont le volume très variable passe par tous les intermédiaires entre le caillou et ces blocs énormes atteignant 20 et 25 mètres carrés de superficie, que l'on appelle les tables des glaciers. Une de ces tables, le rocher de Blaustein, que l'on observe dans la vallée de Saas, a 8000 mètres cubes. Quand un bloc de dimensions aussi considérables se détache du rocher et roule, il tombe sur le glacier et s'y couche tôt ou tard par une de ses grandes surfaces. Il fait alors pour la glace qui le supporte l'office d'un écran contre le soleil. La glace d'alentour fond

et s'écoule ; sous l'écran, elle résiste et demeure, si bien qu'à la longue on dirait une pyramide supportant un bloc de granit. Mais le soleil darde obliquement ses rayons, le côté tourné vers le midi fond par le pied, perd de sa puissance, et la pierre s'incline dans le sens du méridien jusqu'à ce que, trop affaiblie, la pyramide croule. La pierre roule alors, s'arrête plus loin, s'y refait un piédestal de glace, et recommence la même série de vicissitudes.

La grosse table du Blaustein, actuellement dans la vallée de Saas, se trouvait encore, en 1840, sur le dos du glacier de Mattmarck.

Partout où des glaciers ont passé jadis, on rencontre de ces blocs erratiques. Nous en trouvons en Belgique, et la nature des roches dont ils sont formés nous oblige à admettre qu'ils ont été détachés autrefois des monts de la Norwège, et transportés par les glaces jusque dans nos plaines.

Des blocs et des pierres de dimensions moindres, après s'être incrustés dans la glace, en subissent toutes les fluctuations ; mais, comme la marche du glacier est plus rapide au centre que sur les bords, c'est vers le bord qu'à la longue elles se trouvent toutes entraînées. Elles forment là deux berges entre lesquelles le glacier coule comme entre deux rives. Ce sont les moraines latérales. Enchâssées dans la glace comme une agathe dans son manche de cuivre, elles strient, elles usent, elles polissent le rocher, et lui donnent un aspect caractéristique. Mais la moraine demeure et, même quand le glacier aura disparu, elle marquera son talus sur les deux bords de la vallée.

Quand deux fleuves de glace se rencontrent et s'unissent, la moraine latérale gauche du premier se confond avec la moraine latérale droite du second, et cette fusion constitue une moraine médiane délimitant et séparant leur cours. Le plan de la mer de glace donné plus haut les dessine en pointillé ; et permet de juger comment elles délimitent le cours des glaciers qui viennent y affluer. Le passage du

glacier est donc marqué sur ses deux bords par les moraines. Il l'est encore dans le fond de la vallée. Là, en effet, toutes les éminences, toutes les crêtes, tous les sursauts que le glacier rencontre et qui l'arrêtent dans son cours sont égrenés, rayés, polis, arrondis à la longue, mais du côté seul de l'amont, car c'est le seul qui fasse obstacle; si bien que la vallée vue de haut ressemble, avec ses mamelons arrondis, à un grand troupeau de brebis couchées, d'où le nom de roche moutonnée que les géologues lui donnent.

Mais les cailloux eux-mêmes, en striant et en polissant le lit du glacier, se strient et se polissent. De là ces cailloux polis et striés, si caractéristiques dans les formations glaciaires.

Ce n'est point tout. Le produit final de cet écrasement, de ce polissage que les glaciers opèrent sur leur fond et sur leurs flancs, est une fine boue d'un gris d'ardoise, résultant de l'usure et de la trituration des roches. Elle donne aux filets d'eau qui la charrient un aspect laiteux et malpropre. Quand elle trouve un espace tranquille où elle peut se déposer, elle y forme une argile compacte appelée boue glaciaire et qui, elle aussi, trahit l'existence du glacier.

Ces boues glaciaires, ces moraines, ces gros blocs erratiques, ces stries du fond et des flancs du rocher sont les grands documents de l'histoire de la terre. Les glaciers disparaîtront peut-être ; des conditions atmosphériques différentes de celles au milieu desquelles nous vivons pourraient les multiplier sur l'Europe, comme elles pourraient les dissoudre. D'immenses glaciers roulaient autrefois leurs flots dans des vallées où de nos jours ne séjourne plus la neige. Mais les blocs erratiques, les boues glaciaires, les cailloux polis sont demeurés là; témoins fidèles des disparus, ils permettent aux géologues d'en reconstituer toute la géographie. Ainsi, sous le sol où la ville de Lucerne est bâtie tout entière, on trouve les moraines du glacier de

la Reuss, descendu du Saint-Gothard par-dessus les profondeurs du lac des Quatre-Cantons. Ainsi encore, les couches d'argile fine qui couvrent toute la vallée du Rhin ne sont en réalité que la poussière des roches entre lesquelles glissaient des glaciers aujourd'hui disparus.

En commençant cet article, au début de mon voyage à travers les glaciers et les neiges, j'ai mis le lecteur en société d'une petite goutte d'eau ; ne l'avons-nous pas laissée en route ? Franchement, c'est ce que nous avions de mieux à faire. Tandis qu'en une heure nous avons parcouru les deux lieues environ qui séparent le pied du mont Blanc des sources de l'Aveyron, elle en est encore à passer en névé. Pour nous rattraper, du train dont va la glace, elle mettrait environ 150 ans.

Aussi bien connaissons-nous son histoire. C'est la chaleur qui l'avait arrachée au fleuve et transformée en vapeur fine. La pesanteur a voulu dès lors qu'elle s'élevât vers les hauteurs et flottât dans les cieux. La chaleur l'a abandonnée, elle est devenue brouillard et nuage, pluie et neige. En cet état nouveau, la pesanteur voulut qu'elle tombât, et en tombant elle a rencontré la cime du glacier. Toujours obéissant à la pesanteur, elle s'est entassée dans les névés, elle a roulé avec l'avalanche, elle est devenue glace, elle est descendue dans la vallée. Là, reprise à nouveau par la chaleur, elle est redevenue goutte d'eau et la pesanteur l'a reconduite au lac ou au fleuve.

En somme, la gouttelette d'eau, suivant les conditions variables de sa température, passe par les trois états : gazeux, liquide et solide. Dans ces trois états, elle subit la sollicitation de la pesanteur. Ce grand phénomène des glaciers, si solennel dans ses manifestations sauvages, si grandiose et si émotionnant, ce phénomène si compliqué, si mystérieux au premier aspect, sort tout entier de ces deux simples lois de physique élémentaire.

Je voudrais tirer de cette rapide histoire du glacier une autre conclusion scientifique. La voici. Pour faire de

grands glaciers il faut beaucoup de neige, et pour faire beaucoup de neige il faut beaucoup de vapeur d'eau dans l'air. Si, à quelque époque des âges passés, le système des glaciers de l'Europe et du monde s'étendait sur presque tous les continents, c'est qu'à cette même époque l'évaporation des eaux de l'Océan avait des proportions incomparables à celles d'aujourd'hui. Or, ce n'est pas à une activité plus grande du soleil qu'il faut recourir pour l'expliquer, rien ne nous permet d'admettre que depuis lors sa radiation se soit sensiblement affaiblie. Mais ne pouvons-nous pas nous demander si, à cette époque, la surface d'évaporation que le globe offrait à ses rayons n'était pas plus vaste, et dans quelle mesure ? Très intéressante question que la géologie est appelée à résoudre, et à laquelle la pente du glacier nous a naturellement conduits.

VICTOR VAN TRICHT, S. J.

LES ILLUMINATIONS CRÉPUSCULAIRES

Les brillants crépuscules qui ont illuminé nos soirées d'hiver n'étaient pas, on le sait aujourd'hui, un phénomène passager produit par une perturbation locale des conditions atmosphériques. Ces illuminations étranges ont fait le tour du monde. Depuis plus de six mois, les journaux et les revues nous apportent des observations de tous les points du globe.

Je voudrais, dans cet article, grouper d'abord tous ces faits ; et indiquer ensuite les différentes théories qui prétendent les expliquer.

Parmi ces théories, il en est une surtout que l'on semble accepter avec plus de faveur, malgré les difficultés qu'elle soulève. C'est celle qui rattache ces illuminations crépusculaires à l'éruption volcanique de Krakatau. Un des principaux arguments sur lesquels elle s'appuie, est la concordance des dates et la marche de ces météores lumineux suivant des trajectoires qui partent toutes du détroit de la Sonde. On ne peut en apprécier la valeur si l'on ne connaît bien l'histoire de cette grande éruption. C'est donc par cette histoire que je commencerai mon exposé des faits.

I

LES FAITS.

L'île volcanique de Krakatau (1), appelée aussi Krakatoa et Rakata, est située à l'entrée du détroit de la Sonde dans la mer des Indes, entre Java et Sumatra. Elle mesurait, avant la catastrophe du 27 août dernier, huit kilomètres en longueur, cinq en largeur et seize en pourtour. A ses côtés, à l'est et à l'ouest, émergent les deux petites îles, Verlaten et Lang, dominées par le cône du Krakatau dont l'altitude mesurait 2750 pieds, et dont la position géographique, relevée en 1869, avait pour coordonnées 105°26′ longitude E de Greenwich et 6° 8′ latitude S. Des sources thermales jaillissaient des flancs de la montagne, sur lesquels se déployaient des forêts luxuriantes et toutes les richesses de la végétation tropicale. L'île entière était déserte ; les habitants des côtes voisines y abordaient de temps en temps pour exploiter ses produits.

C'est le 20 mai 1883 que se manifestèrent les premières convulsions du volcan (2). Ce jour-là, on ressentit à Batavia et à Buitenzorg des secousses accompagnées de sourdes explosions souterraines. Quelques jours plus tard, on apprenait que l'île de Krakatau, distante de 100 milles, était le théâtre d'une violente éruption volcanique. Un navire, qui passait à proximité, dans la matinée du 22 mai, avait vu une colonne de fumée s'élevant de la partie basse de l'île ; des éclairs semblaient jaillir de ce gigantesque nuage, qui retombait au loin sur la mer en pluie de cendres. Çà et là flottaient, à la surface de l'eau, des îlots de pierre ponce, qui se brisaient avec un bruit de glaçons en heurtant les flancs du vaisseau.

(1) *Proceedings of the Royal Geogr. Society*, march 1884, p. 142.
(2) La dernière grande éruption avait eu lieu, croyons-nous, en 1680-81.

Le spectacle était grandiose ; il attira les curieux. Des touristes, les derniers que devait recevoir Krakatau, partirent de Batavia pour aller voir le volcan en feu.

Du milieu de l'île dévastée, se dressait une large colonne de fumée dont le sommet se perdait dans les nuages. Elle sortait d'un cratère ouvert à la base du mont Perbuatan, à trois kilomètres environ d'un second cratère, situé au pied du mont Dannan, qui fit éruption quelque temps après. La végétation de l'île Verlaten avait conservé toute sa fraîcheur ; mais celle de l'île Lang était complètement flétrie. Les arbres, dépouillés de leur feuillage, brisés et tordus, émergeaient de la couche épaisse de cendres qui recouvrait l'île entière ; et au-dessus de ces ruines apparaissait le cône supérieur du Krakatau, recouvert encore d'un reste de verdure et ne donnant aucun signe d'activité. Des flots de vapeur, lancés verticalement avec une vitesse prodigieuse, partaient sans cesse des flancs ruinés de la montagne, et tournoyaient dans l'atmosphère. De temps en temps, des détonations sourdes se faisaient entendre, suivies d'une recrudescence dans l'activité du volcan. Le soir, en retournant chez eux, les habitants de Batavia emportèrent comme souvenir de leur visite des débris de lave et de pierre ponce ; et ils admirèrent longtemps, au-dessus de l'île, ce gigantesque nuage, dont la base rouge de feu et les éclairs intermittents brillaient dans la nuit et se réfléchissaient sur la mer.

Il semble bien constaté aujourd'hui que l'éruption se continua pendant les mois de juin et de juillet ; mais elle n'atteignit son paroxysme qu'à la fin d'août.

Le capitaine anglais W. J. Watson, qui traversait la mer des Indes du sud au nord, s'aperçut le 22 août, vers 7 heures du soir, que la mer, par 15° 30′ latitude S et 105° longitude E, prenait un aspect laiteux. Des nuages d'étrange apparence parcouraient l'atmosphère. Une heure plus tard, l'horizon, de l'est au nord-est, s'illuminait d'une vive clarté ; cette clarté se réfléchissait sur les nuages,

qu'elle colorait de teintes variées, et semblait, par moments, envahir le ciel tout entier, comme les lueurs d'une splendide aurore polaire. Le 24, les mêmes phénomènes se reproduisent, par 9° 30′ de latitude sud. Dans la nuit du 25, on arrive en vue de Java. Le ciel est couvert, et l'île tout entière se cache derrière d'épais nuages. Le 26, vers 9 heures du matin, on atteint l'île du Prince. Après une pluie de peu de durée, le ciel se découvre. A midi, on aperçoit au nord-est l'île de Krakatau, noyée dans une mer de fumée d'où s'élèvent, avec des vitesses prodigieuses, de grandes colonnes de vapeur. Bientôt on entend de fortes détonations qui se succèdent rapidement. Elles redoublent vers $4^h\ 15^m$; la mer se couvre de pierres ponces, et une pluie de cendres et de poussières s'abat sur le navire. Cette situation indescriptible se prolonge pendant toute la nuit. Le lendemain, 27 août, vers 8 heures du matin, on arrive en vue d'Anjer. Tout paraît désert sur la côte; aucune embarcation ne circule dans le détroit. A $11^h\ 15^m$, le navire est à 30 milles environ de Krakatau. Une détonation formidable se fait entendre; la mer s'agite tumultueusement; le vent se lève, l'obscurité devient plus épaisse et la pluie de cendres plus abondante. A midi, les ténèbres sont si profondes qu'on se parle sans se voir sur le pont du navire. Vers 2 heures, le ciel se dégage peu à peu. Des poussières fines continuent cependant à tomber pendant toute la nuit, et l'on entend encore dans le lointain les sourds grondements du volcan.

« Grâce à Dieu, s'écrie le capitaine W. J. Watson, en terminant le récit auquel nous empruntons ces détails, personne n'a péri et le navire n'a point souffert! Mais que sont devenus Anjer, Mérak et les villages de la côte de Java? »

Hélas, tout cela est détruit, et les habitants ont péri. Au moment où le volcan disloqué lança son dernier jet de lave et s'anéantit sous les flots, le fond du détroit de la Sonde s'est soulevé; une vague gigantesque s'est abattue sur

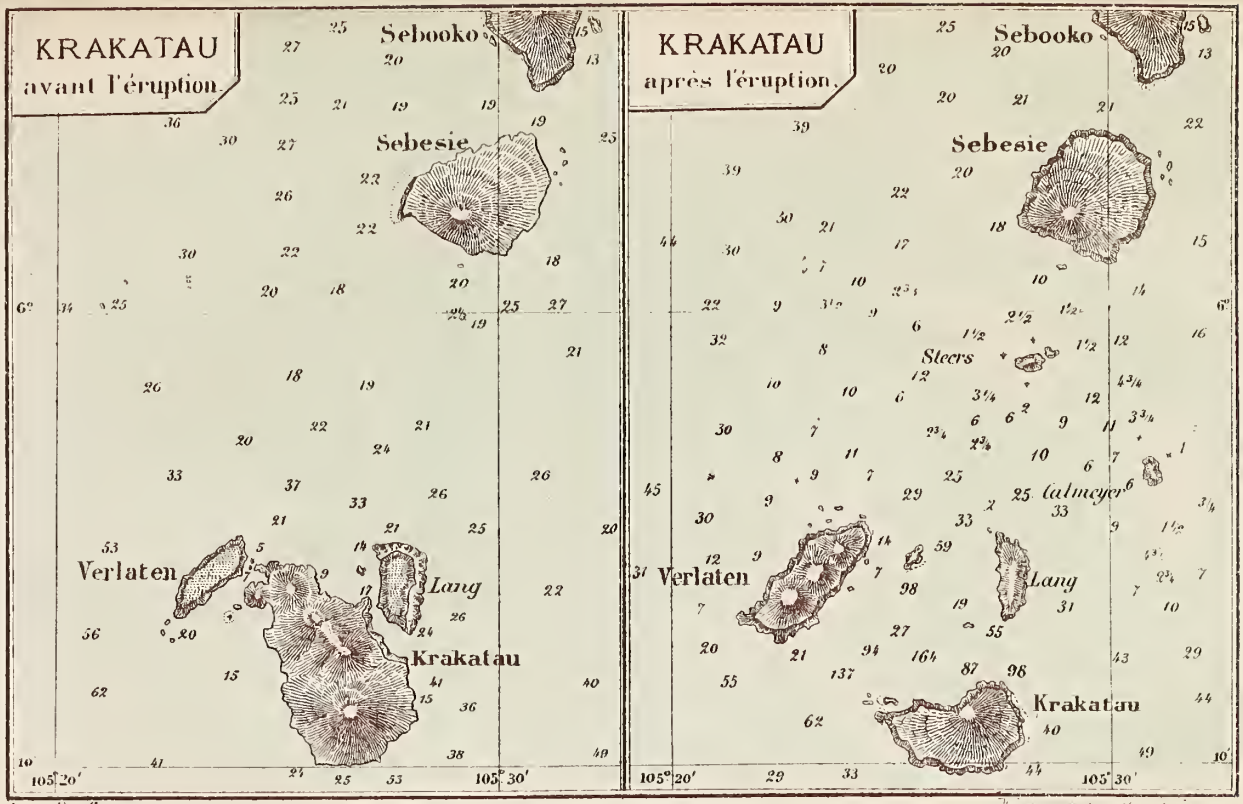
les îles voisines, ravageant tout sur son passage et étouffant sous sa masse énorme plus de quarante mille victimes. Tous les villages des côtes ont disparu ; la province entière de Bantam a été submergée par ce déluge, et la ville d'Anjer n'est plus. « J'étais au bord de la mer, raconte un des rares survivants de cette malheureuse cité, quand je vis arriver vers moi une masse énorme d'eau noire, qui venait de la haute mer et semblait s'élever jusqu'au ciel. Elle s'avançait rapidement avec le grondement du tonnerre. Un instant après, j'étais enlevé par le torrent et, recommandant mon âme à Dieu, je me croyais à ma dernière heure. Par un effort suprême, je m'étais maintenu à la surface des eaux; et aussi loin que portaient mes regards, je ne voyais plus que les flots de la mer. Enfin, je fus jeté sur un arbre où je réussis à m'accrocher. Du haut de cet arbre, sur lequel je parvins à me hisser, je regardai. Là où se trouvait tout à l'heure la ville d'Anjer, je ne voyais plus qu'une mer boueuse d'où émergeaient la cime des arbres et quelques toitures. Tout à coup, les eaux descendent et retournent à la mer. Je les vois s'écouler sous mes yeux avec une rapidité prodigieuse, et bientôt je puis descendre sur le sol : j'étais sauvé.

» Je cours éperdu dans les rues d'Anjer, mais partout je ne rencontre que mort et désolation. La ville n'est plus qu'un amas de décombres ; partout des cadavres. Épouvanté, je m'enfuis dans la direction de Serang (1). »

Tout cela se passait un mois à peine après la catastrophe d'Ischia.

La carte ci-jointe peut donner une idée des bouleversements géographiques occasionnés par cette éruption, la plus terrible peut-être que l'histoire ait enregistrée. Elle représente Krakatau et les îles voisines avant et après le

(1) Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1884 ; *Les grands fléaux de la nature*, Faye, p. 759.



Long. Est Greenw.

27 août (1). Les chiffres qui indiquent, en *fathoms* (2), la profondeur de la mer ne sont que provisoires. Les mouvements du sol se continuaient encore au moment où on les a relevés ; de nouveaux sondages pourront donc les modifier beaucoup.

On voit que toute la partie nord de Krakatau s'est effondrée. Les flots baignent maintenant le pied du volcan, qui se dresse perpendiculairement au-dessus de la mer. Là où s'étendait la pointe nord de l'île, entre Lang et Verlaten, la sonde est descendue à 300 mètres. La surface de l'île Verlaten est triplée ; l'île Lang, au contraire, a subi peu de changements. Enfin, entre Krakatau et Sebesie, le sol du détroit est complètement bouleversé. Tout cela s'est produit en quelques instants, le 27 août, au moment de la crise suprême du volcan.

Dès la veille, on avait entendu de nouveau, à Batavia, des détonations souterraines. Le jour de la catastrophe, vers sept heures, une pluie de cendres s'était abattue sur la ville. A midi l'obscurité était complète ; le baromètre oscillait d'une façon étrange, et la mer subissait coup sur coup le flux et le reflux de puissantes marées. C'était la vague, dont nous parlions tantôt, qui s'éloignait des ruines qu'elle avait faites, pour aller mourir sur les rivages les plus lointains, inscrivant l'heure de son passage en oscillations anormales sur tous les maréographes du globe. En comparant l'heure à laquelle ces oscillations se sont manifestées à Ceylan, à Maurice, aux Seychelles, sur les côtes de l'Inde, etc., à l'heure de l'explosion du Krakatau, et en négligeant les mouvements qui ont pu se produire dans le fond de la mer, loin du siège de l'éruption, on trouve que ces oscillations ont marché avec la vitesse prodigieuse de 500 mètres par seconde.

(1) PROCEEDINGS OF THE R. G. S., vol. VI, n° 3, march 1884 ; *The volcanic eruption of Krakatau*, p. 143.

(2) Le *fathom* vaut 1m, 83.

L'atmosphère aussi fut ébranlée tout entière, et plus profondément encore que la surface des mers. Pendant qu'elle portait au loin le bruit des dernières détonations du volcan, de puissantes vagues aériennes circulaient et se croisaient autour de notre planète. Tous les baromètres du globe en ont été affectés. En étudiant leurs oscillations pendant les journées du 27 et du 28 août, à Paris, à Berlin, à Bruxelles, à Coïmbre, à Kew, à Saint-Pétersbourg, etc., on a reconnu que ces vagues atmosphériques ont marché moins rapidement que le flux de la mer. Leur vitesse moyenne, de l'est à l'ouest, a été de 674 milles par heure ; celle de l'ouest à l'est, dans le sens du mouvement de la terre, a atteint 706 milles. Ce dernier chiffre se rapproche de la vitesse du son. Chacune de ces vagues a passé et repassé sur nos baromètres, employant à peu près 36 heures à faire le tour du globe.

Pendant ce temps, les courants atmosphériques, chargés de cendres et de vapeurs, emportaient au loin les débris du volcan.

La pluie de poussières, pendant les jours qui ont suivi la fin de l'éruption, s'est étendue sur une surface énorme. Tous les navires qui se trouvaient dans le voisinage du détroit de la Sonde en ont été couverts. Dès le 27 et le 28 août, elle s'abat sur Chéribon, à 250 milles de Krakatau ; sur les côtes sud-ouest de l'Australie, et jusqu'au Japon, à plus de 3000 milles du volcan. Quand le soleil parvient à percer ce voile obscur de vapeurs et de poussières, il paraît rouge sang.

Dans un rayon plus grand encore, l'atmosphère s'alourdit ; des nuages étranges la traversent, et le soleil semble noyé dans un épais brouillard. Près de l'horizon, il paraît verdâtre et perd tout son éclat.

Ces premières observations de lueurs extraordinaires, faites à l'île Bangney, le soir du 27 août, au moment même où l'on entendait les détonations du Krakatau, ont une importance capitale ; il est impossible de ne pas les

attribuer à la présence, dans l'atmosphère, de matières lancées par le volcan.

Le 28, à l'île Saint-Brandon, une aurore extraordinaire précède le lever du soleil ; le soir le couchant paraît enflammé sous son voile de brume, et le soleil se montre, près de l'horizon, comme on le voit à travers le verre rouge d'un sextant.

Dès le lendemain, des phénomènes analogues se manifestent aux Seychelles ; et l'on observe à l'île Rodrigue et à Maurice des crépuscules d'une durée et d'une intensité extraordinaires.

D'autre part, les pluies de cendres n'ont pas cessé. Un navire allant de Calcutta à la Réunion reçoit, par 9°15′ lat. sud et 90° 30′ long. est, à plus de 500 kilomètres à l'ouest du détroit de la Sonde, une avalanche de sable, suivie, pendant 36 heures, d'une chute de poussières blanches extrêmement ténues. Quand le soleil se dégage, il prend une teinte jaunâtre, tirant sur le rouge.

On le voit, l'éruption du Krakatau nous conduit tout naturellement aux illuminations crépusculaires. Tâchons de nous rendre un compte exact de leur marche et de leurs transformations.

Le 1er septembre, le soleil, à son lever, paraît bleu aux habitants de la Côte d'Or ; et les nuages qui passent devant son disque terne et sans rayons se teintent de couleurs diverses. Au milieu du jour, il reprend sa couleur naturelle, mais il est si pâle qu'on le prendrait pour la pleine lune. Presque en même temps, des phénomènes semblables s'observent en plusieurs points du Brésil. Dès le 2 septembre, c'est à la Trinité, puis à Vénézuéla, puis à Panama que se montre le soleil coloré. Le matin, à son lever, il présente l'aspect d'un globe d'argent mat ; bientôt il devient bleu. A midi, il est plus brillant, mais il conserve encore une teinte bleuâtre. A mesure qu'il descend vers l'horizon, il passe au gris ; on peut sans peine le

regarder à l'œil nu : une gloire de rayons d'un bleu foncé entoure son disque. Dès qu'il a disparu sous l'horizon, le couchant s'illumine comme des reflets d'un vaste incendie; les nuages se colorent de teintes variées, et ajoutent encore à la beauté du spectacle.

Le 2 septembre dans l'après-midi, à Médellin, dans la Nouvelle-Grenade, le soleil, dépourvu de rayons, se colore d'un beau vert. Insensiblement il devient azuré, et se couche derrière les Cordillières, non pas rouge comme d'habitude, mais violet. Cette succession de teintes est exactement celle des couleurs du spectre solaire. Le lendemain matin le même phénomène se reproduit ; mais les couleurs se succèdent en ordre inverse : le soleil se lève violet, devient bleu, puis passe au vert.

Remarquons que Médellin est à peu près aux antipodes de Krakatau. Si ces colorations étranges se rattachent à l'éruption volcanique du détroit de la Sonde, la cause qui les produit a donc déjà fait la moitié du tour du monde. Elle marche de l'est à l'ouest en se relevant un peu vers le nord. Les Seychelles, la Côte d'Or, la Trinité, Panama se trouvent à très peu près sur une ligne droite tracée, de Krakatau aux îles Sandwich, sur un planisphère.

Cette droite passe par la position qu'occupait, le 3 septembre, à 4000 milles ouest de Panama, un navire venant de San-Francisco, à bord duquel on fit des observations analogues. Elle aboutit enfin à Honolulu où, le 5 septembre, on voit le soleil bleu, et où les illuminations crépusculaires étalent, tous les jours suivants, jusqu'à la fin du mois, cette richesse de teinte et d'éclat que nous avons admirée ici en novembre dernier. Ces lueurs, remarquent les observateurs d'Honolulu, se produisaient au coucher du soleil ; elles suivaient l'astre dans sa marche sous l'horizon ; le centre de leur maximum d'éclat ne coïncidait pas avec le plan vertical du soleil, il était un peu rejeté vers le sud ; elles disparaissaient en se couchant à l'horizon, comme les crépuscules ordinaires.

Notons ces observations, parfaitement comparables à celles de nos latitudes élevées ; et avant de quitter Honolulu, signalons aussi une reprise bien marquée des mêmes phénomènes, le 15 décembre et les jours suivants, alors qu'ils avaient cessé depuis assez longtemps.

Revenons au mois de septembre.

Dès le 8, à l'île de la Réunion, l'aurore et le crépuscule sont accompagnés d'illuminations inaccoutumées, dont la durée et l'éclat vont chaque jour en grandissant. Pendant les mois d'octobre et de novembre, le spectacle devient véritablement féerique.

Le plus souvent le soleil se couchait sans que d'abord rien d'extraordinaire parût à l'horizon ; comme d'ordinaire dans ces régions équatoriales, le jour baissait rapidement. Mais tout à coup de grands arcs lumineux empourpraient l'occident jusqu'au zénith. On voyait, à l'endroit même où le soleil avait disparu, un demi-cercle de teinte verdâtre entouré d'un large ruban jaune. Plus haut se déroulait un arc orangé ; plus haut encore une bande rouge foncé, qui se perdait dans l'azur profond du ciel. Toutes ces teintes étaient donc, encore une fois, juxtaposées dans l'ordre même des couleurs du spectre. Peu à peu elles se mélangeaient, et le rouge tendait à dominer de plus en plus. Vers la fin du phénomène, on voyait les étoiles scintiller sous ce voile coloré, comme à travers une gaze transparente et lumineuse.

On a remarqué parfois que tous ces arcs concentriques étaient coupés par des secteurs obscurs. On eût dit que quelque obstacle interceptait, sous l'horizon, une partie des rayons qui concouraient à former cette gloire lumineuse. Le matin, à l'aurore, les mêmes colorations se montraient à l'orient, mais avec moins d'éclat. De jour en jour, on constatait, le soir, qu'elles se déplaçaient vers l'ouest, le sud-ouest, le sud-sud-ouest ; elles suivaient donc le soleil dans sa marche vers le tropique du Capri-

corne. Enfin, à partir du milieu de décembre, leur intensité diminua rapidement ; et vers la fin du mois elles s'éteignirent complètement.

M. Pélagaud, auquel nous empruntons ces intéressantes observations, a fait relever avec soin les journaux de bord des navires arrivant de tous les points de l'océan Indien ; et il a constaté que ces gloires aurorales et crépusculaires avaient été successivement visibles sur une zone allongée en forme de fuseau du sud-ouest au nord-est, et dont la Réunion occupe presque le centre. Cette zone est comprise à peu près entre 15° de latitude australe et 90° de longitude orientale d'une part, et 30° de latitude australe et 35° de longitude orientale d'autre part ; elle a donc 15° de latitude en largeur et 55° de longitude en longueur. Son axe, dirigé de l'est-nord-est vers l'ouest-sud-ouest, passe à 5° environ au sud de la Réunion. En la traçant sur un planisphère, on constate que son axe part du détroit de la Sonde pour aboutir au sud de Madagascar, et qu'il coïncide avec la ligne de translation des cyclones dans l'hémisphère austral.

Les observations de l'île Maurice, voisine de la Réunion, rentrent dans ce groupe. Là aussi, dès les premiers jours de septembre, contrairement à ce qui se produit habituellement sous les tropiques, la nuit cesse de succéder rapidement au jour. Le soleil est à peine couché d'une demi-heure que surgit, à l'occident, un embrasement splendide. C'est une superposition d'arcs colorés où les observateurs signalent le vert, le jaune, le lilas et le pourpre. Ces lueurs envahissent le ciel presque jusqu'au zénith, et la mer qui les reflète semble rouler des flots de feu. Le matin, elles se reproduisent, mais avec moins d'éclat.

Quelques jours plus tard, commencent les observations au cap de Bonne-Espérance, où, pendant les mois de septembre, d'octobre et de novembre, l'aurore et le crépuscule

ont présenté les mêmes caractères extraordinaires. Vers la fin de novembre, on recueille dans le voisinage de Queenstown (colonie du Cap), des poussières très ténues, entraînées par la pluie, et qui présentent, dit-on, l'aspect des poussières volcaniques. Nous n'insistons pas sur cette observation, sur laquelle nous n'avons pu recueillir aucune donnée précise.

Dès le 8 ou le 9 septembre, à Ceylan, à Madras, à Ongole et en plusieurs points des Indes anglaises, le soleil paraît vert, bleu, rouge. Puis au soleil coloré succède une série de crépuscules extraordinaires qui se prolonge jusqu'au mois de novembre. La frayeur des Indiens est à son comble ; et leurs astronomes annoncent qu'une planète vient d'être engloutie par le soleil ; c'est elle qui jette en se consumant ces flammes colorées !

Les observations faites à Madras par M. Michie Smith sont particulièrement intéressantes ; indiquons-en les traits principaux.

Dans l'après-midi du 9 septembre, quelque temps avant son coucher, le soleil se montre dépourvu de rayons et d'un beau blanc d'argent. Le lendemain, vers 5 heures du soir, il présente la même apparence ; mais, quand les nuages qui parcourent l'atmosphère viennent à passer devant son disque, il prend une teinte vert pois. Le 11, il est terne dans la matinée ; il brille un peu vers midi, mais son éclat décroît rapidement. A 5 heures, on peut le fixer impunément. A mesure qu'il descend vers l'horizon, il reprend sa couleur verte, et les ombres se colorent des teintes complémentaires. Son disque est si nettement défini qu'on y distingue, à l'œil nu, une grande tache d'une minute environ de diamètre. Le matin et le soir, l'horizon et les nuages se colorent aussi de teintes variées qu'ils conservent, le soir, longtemps après que le soleil a quitté l'horizon. Plus tard encore, la lune et les étoiles peu élevées présentent la même coloration verte.

Tous ces phénomènes optiques ont coïncidé avec des irrégularités variables dans l'état électrique de l'atmosphère. Pendant plusieurs jours, la polarité de l'air s'est montrée fortement négative depuis 9^h 30^m du matin jusqu'à 2^h 30^m de l'après midi ; le ciel cependant était serein et sans pluie dans un rayon de 100 milles. Ces perturbations, qui se manifestèrent d'abord au commencement de septembre, se reproduisirent le 22 et les jours suivants ; et le soleil vert se montra de nouveau.

C'est alors que M. Michie Smith étudia son spectre. Il manifestait une absorption générale qui, dans le rouge, allait jusqu'à l'extinction. Toutes les raies telluriques attribuées à la vapeur d'eau étaient fortement accusées. « Depuis six ou sept ans que j'étudie la bande de pluie *(rain-band)*, dit M. Smith, jamais je ne l'ai vue apparaître avec tant de constance sous un ciel relativement clair. » « On obtiendra, dit-il encore, un spectre entièrement semblable à celui que j'ai observé ici, en examinant au spectroscope l'absorption produite par un petit nuage passant devant le soleil. »

Il est donc bien certain que les rayons de ce soleil vert arrivaient à l'observateur à travers des couches d'air très humides. Les vapeurs occupaient surtout les régions supérieures de l'atmosphère, puisque les observations hygrométriques ordinaires montraient que l'air des couches inférieures était alors comparativement sec. Peut-être faut-il rapprocher de ces indications du spectroscope les pluies extraordinaires que l'on a signalées depuis dans l'ouest de l'Inde et en Australie. Notons enfin que, à Madras, la mousson de l'année dernière a été accompagnée de tempêtes et d'orages, et suivie d'une période de sécheresse pendant laquelle la bande de pluie fut parfois absolument invisible. Or c'est pendant cette période que se manifestèrent les lueurs crépusculaires ; « on eût dit, observe M. Smith, que les rayons du soleil étaient réfléchis par des cirrus invisibles. » Nous reviendrons plus tard sur ces observations.

Pendant la dernière quinzaine de septembre et pendant le mois d'octobre, on signale les illuminations crépusculaires sur une étendue prodigieuse. La cause qui les produit, en se transportant dans notre atmosphère, semble s'étendre et s'éparpiller. Au soleil voilé et coloré succèdent désormais les lueurs rouges du soir et du matin.

On les observe, en même temps, en Tasmanie, en Australie, à Java, où l'on a passé par toutes les phases du phénomène, aux Indes, à Ceylan, en Arabie, en Égypte, au cap de Bonne-Espérance, et à bord des navires qui traversent la ligne dans l'océan Atlantique. Le 20 octobre, elles éclatent dans le sud des États-Unis, et le 24 en Californie.

Avant de passer aux observations d'Europe, signalons un fait important qui ne rentre pas dans la même série, mais dont nous devons cependant tenir compte.

Le 30 octobre, dans l'après-midi, le ciel d'Unalaska (53° 9′ lat. N, 166° 5′ long. O) fut complètement obscurci par d'énormes nuages, d'où se précipita bientôt une pluie abondante mêlée de sable et de poussières. D'où venaient ce sable et ces poussières ?

Ici la réponse n'est pas douteuse. Les îles Aléoutes et les îles du Renard, qui relient l'Asie et l'Amérique entre la presqu'île de Kamtschatka et l'Alaska, possèdent 48 volcans, qui tous ont été en activité dans les temps modernes. Or, dans le courant de l'été dernier, un nouveau volcan surgit du fond de la mer de Behring, près de l'île Bogoslawa (54° lat. N, 168° long. O), née elle-même d'une éruption sous-marine en 1796 (1). Ce nouveau cratère a formé, en quelques semaines, une île de 800 à 1200 pieds d'altitude, et lancé dans l'atmosphère des vapeurs et des poussières en très grande quantité. Le 6 octobre, un autre volcan de la presqu'île d'Alaska, le mont Saint-Augus-

(1) *Monthly weather Review* (U. S. signal service), oct. 1883.

tin, entrait aussi en éruption (1). Le bruit des détonations souterraines s'est répandu au loin dans la baie anglaise ; la mer s'est soulevée en vagues énormes qui ont ravagé les côtes ; et la montagne s'est fendue de la base au sommet. Mêlant ses débris aux cendres des volcans voisins qu'elle avait réveillés, elle a couvert tout le pays d'une couche épaisse de scories et de poussières. Tous les phénomènes du détroit de la Sonde se sont donc reproduits en petit dans la mer de Behring. Les défenseurs de la théorie qui rattache les illuminations crépusculaires à l'éruption de Krakatau devront en tenir compte ; ils s'exposeraient, sans cela, à rapprocher des observations qui n'auraient entre elles aucun lien.

Au commencement de novembre, les illuminations crépusculaires continuent à être observées au cap de Bonne-Espérance, et elles atteignent, au Japon, leur maximum d'éclat. On remarque à Tokio que la lumière cendrée de la lune a une intensité extraordinaire. On dirait que ces lueurs atmosphériques vont se réfléchir sur notre satellite. Le 12, une pluie de poussières fines, à travers laquelle le soleil et la lune prennent une couleur de sang, s'abat de nouveau sur Sappora.

A cette date les observations d'Europe ont déjà commencé. Dès le 9 et le 10 novembre, les lueurs rouges qui accompagnent le coucher du soleil attirent l'attention en Belgique et en Angleterre (2). Le 17, on les signale en Espagne ; un halo étrange entoure la lune ; et l'on recueille, en Angleterre, dans le voisinage de Worcester, un sédiment noirâtre que la pluie dépose sur les plantes.

Le même jour, en Norwège, entre 61° et 62° de latitude

(1) *Notes on the volcanic eruption of Mount Saint-Augustin, Alaska, october* 6 (SCIENCE, reproduit dans NATURE, march 6, 1884, p. 441). — NATURE, jan. 24, 1884, p. 285.

(2) *Sur de fausses apparences d'aurore boréale*, par M. F. Terby ; BULLETINS de l'Académie de Belgique, décembre 1883.

nord, la neige de la vallée de Storelvdal se couvre d'une couche de poussières grisâtres. Je cite ce fait sans prétendre qu'il faille le rattacher à l'éruption de Krakatau ; car, si ces poussières ont une origine volcanique, elles ont pu venir d'Islande, où le Vatna Joekull a fait éruption au commencement de novembre. Le 20, les lueurs rouges se montrent à Constantinople et en Espagne. Le 24, elles reprennent en Irlande où elles avaient attiré l'attention déjà dans le courant d'octobre. Le 25, on les voit en Italie, depuis les Alpes jusqu'à l'extrémité de la Calabre ; le 26 enfin et les jours suivants, toute l'Amérique du Nord, l'Angleterre, la France, la Belgique, l'Allemagne, la Suisse, la Grèce, l'Espagne, la Suède, la Norwège, en un mot, l'Europe presque entière les admire (1).

Je n'essayerai pas de classer des observations qui se sont prolongées pendant près de quatre mois. Il m'a paru impossible de tracer les chemins que ces illuminations ont suivis dans nos latitudes élevées ; on dirait qu'elles nous ont envahis de tous les côtés à la fois (2). J'abandonne donc les détails pour me borner aux faits principaux.

Pendant cette longue période de crépuscules extraordinaires, on a signalé en Angleterre, en France, en Espagne, en Italie, etc., un grand nombre de couronnes, d'arcs-en-ciel lunaires et de halos. Ce fait est important ; parce que l'optique météorologique nous apprend que ces gloires sont produites par la présence, dans les couches supérieures de l'atmosphère, de vésicules aqueuses et de cristaux de glace.

(1) Les lueurs crépusculaires ont été observées aussi en Russie ; *Nature*, march 27, 1884, p. 503.

(2) M. Ch. Dufour pense que les poussières et les vapeurs du Krakatau nous sont arrivées par l'océan Pacifique, l'Amérique et l'océan Atlantique, plutôt que par l'Inde et l'Égypte. Cette hypothèse s'accorde bien avec les premières observations, qui ont été faites en Irlande et en Angleterre. *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, séance du 10 mars 1884.

Ces indications sont confirmées par les observations spectrales. Il est vrai que le spectroscope n'a pas donné tous les renseignements qu'on était en droit d'en attendre ; cependant la plupart des observateurs s'accordent à reconnaître que les raies atmosphériques ont été, en général, fortement marquées ; et que la bande de pluie située près de la raie double du sodium, du côté du rouge, a rarement cessé d'être bien visible. Parfois cependant, ici comme à Madras, les lueurs rouges ont coïncidé avec des indications spectrales toutes contraires ; l'atmosphère paraissait parfaitement sèche. Nous ne nous étendrons pas sur les particularités de ces spectres. Les bandes d'absorption qu'on y signale appartiennent, pour la plupart, à la vapeur d'eau ; nous pourrions même dire à la vapeur d'eau de mer, puisque le spectroscope semble avoir révélé à M. De Boë, à Anvers, et à M. de Konkoly, en Hongrie, la présence du sodium (1).

Nous n'avons pas vu, dans nos latitudes élevées, le soleil bleu des Indes ; mais nous avons vu la lune verte. Ce phénomène est souvent signalé par les observateurs d'Europe. Nous ne l'avons constaté qu'une fois à Louvain. La lune était voisine du voile rouge qui s'étendait au couchant, et nous crûmes à un effet de contraste. Cependant, en parcourant les observations que nous avons recueillies pour composer ce travail, nous en trouvons plusieurs auxquelles il semble difficile d'appliquer cette interprétation. Le 14 janvier, à Kalmar, en Suède, quelques instants après

(1) *L'Astronomie*, janvier 1884, p. 22. — La présence du chlorure de sodium dans la pluie et la rosée provenant de la condensation de vapeurs enlevées par l'évaporation à la mer et aux lacs salés est un fait connu des chimistes ; voir : *Annalen der Chemie und Physik*. t. XXXV, p. 329. M. J. Aitken, dans un mémoire sur lequel nous reviendrons tantôt, signale le même fait : « We have every reason for supposing that there are immense quantities of very fine salt-dust ever floating in the air. This is evidenced by the everpresent sodium line, that at one time so troubled spectroscopists. » TRANSACTIONS of the R. S. of Edinburgh, vol. XXX, part 1, *On dust, fogs and clouds*, p. 355.

le coucher du soleil, pendant que l'ouest s'illuminait des feux rouges du crépuscule, la lune qui se levait à l'autre côté du ciel parut d'un beau vert. Quelques instants plus tard, quand elle fut complètement dégagée des brumes qui encombraient l'horizon, elle reprit sa lumière argentée pour repasser bientôt après au vert émeraude. Bien plus, la lune verte s'est montrée alors qu'il n'y avait aucune trace visible de lueur rose dans le ciel. Ces faits semblent plutôt indiquer une absorption réelle, analogue sans doute à celle qui donna, aux Indes, le soleil bleu et, un peu partout, ces colorations variées que prenaient les nuages en passant devant le disque du soleil ou de la lune.

S'il en est ainsi, la lune verte et les nuages colorés témoigneraient à leur tour de la présence dans notre atmosphère d'une couche de matières absorbantes, où dominaient la vapeur d'eau et les cristaux de glace, et où figuraient probablement aussi des poussières solides. On peut discuter sur la nature et l'origine de ces poussières ; mais leur présence en plus grande abondance dans l'atmosphère à l'époque des illuminations crépusculaires, est un fait incontestable, puisqu'on en a recueilli, pendant ces derniers mois, dans la neige ou la pluie, en Angleterre, en Allemagne, en Espagne, en Hollande, en Suisse et en plusieurs points des États-Unis (1).

M. Yung, en Suisse, a constaté dans les sédiments atmosphériques de la neige tombée aux environs de Genève et au sommet du grand Saint-Bernard, la présence de globules de fer en nombre exceptionnellement grand, pendant la seconde quinzaine de novembre et le commencement de décembre 1883. Il fait remarquer que cette observation coïncide avec une période caractérisée, chaque

(1) A Collaroy, à 150 milles de Sydney (Australie), les lueurs crépusculaires ont coïncidé aussi avec des chutes de poussière. *Nature*, march 20, 1884, p. 447.

année, par une plus grande quantité d'étoiles filantes ; et il se prononce en faveur de l'origine cosmique de ces poussières.

M. Nordenskiöld, en Suède, a analysé la poussière noirâtre de la neige qui tombait, à la fin de novembre, aux environs de Stockholm. Elle contenait, dit-il, beaucoup de matières charbonneuses qui, à l'état sec, brûlaient avec flamme en laissant un résidu rougeâtre, renfermant du fer oxydé, de la silice, du nickel, du phosphore et du cobalt. L'illustre voyageur croit aussi à l'origine céleste de ces poussières. « Mais, comme le fait remarquer M. Lancaster, de l'observatoire royal de Bruxelles, la prédilection bien connue de MM. Yung et Nordenskiöld pour l'étude des poussières d'origine extra-terrestre, doit faire accueillir avec réserve les déductions qu'ils tirent de leurs recherches (1). » D'autre part, les observateurs de Madrid, de Wageningen (Hollande), de Philadelphie (États-Unis), etc., ont analysé les poussières qu'ils ont recueillies ; et ils se prononcent pour une origine volcanique.

Ils vont plus loin ; ils pensent que les résultats de leurs analyses concordent suffisamment avec ceux que l'on a obtenus en étudiant les cendres de Krakatau, pour permettre de conclure à leur identité. Nous serions ainsi en possession d'une preuve positive et indéniable du retentissement, dans nos régions, de la catastrophe javanaise. La théorie volcanique des illuminations crépusculaires trouverait là un puissant argument. Il importe donc d'examiner de plus près ces conclusions.

On ne peut pas, *à priori*, leur opposer une fin de non-recevoir, en se basant sur l'impossibilité du transport de ces poussières, si légères soient-elles, à des distances aussi considérables, et de leur séjour dans notre atmosphère pendant si longtemps. Il peut y avoir là une difficulté sérieuse, nous l'examinerons plus tard ; mais ce n'est qu'une

(1) Ciel et terre, 15 fév. 1884, *Les lueurs crépusculaires*, p. 559.

difficulté. Si le fait existe, il est possible ; et la manière de l'expliquer n'est plus qu'une question secondaire. Pour le constater, il est nécessaire que nous connaissions la composition des cendres du Krakatau. Plusieurs géologues les ont analysées.

Traitées par l'eau, elles cèdent des chlorures en quantité très notable. Chauffées dans un tube fermé, elles donnent un dépôt, avec dégagement d'eau à action très acide, et une légère odeur bitumique. Ce dépôt, soumis à l'oxydation, dégage une odeur d'acide sulfureux.

Au microscope, cette cendre se montre formée presque entièrement de petits cristaux et de fragments de ponce. On y distingue des cristaux octaédriques de fer oxydulé, de petits fragments noirs de pyroxène augite, des cristaux transparents d'hypersthène très fortement colorés en brun, et très dichroïques dans les teintes brune et verte. Identiques aux cristaux des laves de Santorin, ils renferment les mêmes inclusions de fer oxydulé, des cristaux incolores de feldspath et de la pyrite.

Tels sont les résultats présentés par M. Daubrée à l'Académie des sciences, le 19 novembre 1883 (1). Rapprochons-les de l'analyse des sédiments atmosphériques dont nous parlions tantôt.

M. Mc Pherson, qui a étudié les poussières tombées à Madrid le 7 décembre dernier, y signale la présence de cristaux d'hypersthène, de fragments de pyroxène, de fer magnétique et de laves vitrifiées (2).

L'analyse des observateurs hollandais est moins précise; mais elle est encore très significative. MM. W. Beyerinck et J. Van Dam avaient sous la main des cendres provenant de Krakatau ; ils les ont analysées en même temps que le sédiment grisâtre recueilli dans la pluie du 13 décembre à Wageningen. Ils ont trouvé de part et d'autre des parcelles

(1) Ils concordent avec ceux que M. l'abbé Renard avait présentés le 3 novembre à l'Académie de Belgique, *Bulletins*, 3e série, t. VI, p. 495.
(2) *Nature*, jan. 3, 1884 ; p. 224.

vitreuses translucides, des fragments filamenteux de couleur brunâtre et à demi transparents, de petits grains ressemblant à l'augite, etc. Les particules comparables étaient beaucoup plus petites dans le sédiment atmosphérique que dans les cendres recueillies à Java. Cette différence de volume ne s'oppose évidemment pas à l'identification ; elle se conçoit parfaitement dans l'hypothèse d'une origine volcanique. Des poussières solides, dispersées au loin par les vents, doivent en effet subir, dans leur trajet à travers l'atmosphère, un véritable triage : les plus petites et les moins lourdes resteront plus longtemps en suspension dans l'air et pourront, par suite, être portées bien plus loin de leur point de départ que les plus grosses et les plus denses. Il en résulte donc que, suivant les points où on les recueille, des cendres volcaniques appartenant à une même éruption peuvent présenter des différences considérables d'aspect et même de composition. C'est la remarque que fait M. J. Wharton, pour expliquer l'absence de pyroxène et d'augite dans les sédiments analysés à Philadelphie, au mois de janvier dernier (1).

En présence de ces résultats, très remarquables mais trop peu nombreux, le doute, croyons-nous, est encore permis. Il est si difficile d'identifier ces poussières impalpables ! Aussi je ne présente pas l'identité de ces poussières avec les cendres du Krakatau comme une vérité démontrée ; mais je la crois probable en attendant les recherches futures (2).

(1) Le 12 janvier, on a recueilli de nouveau à Wageningen des sédiments dans la pluie. Ils se composent d'une matière pulvérulente et d'une grande quantité de petits cristaux ; les uns, solubles dans l'eau, sont des cristaux de sel marin ; les autres, insolubles, semblent appartenir aux andésites que l'on trouve dans les cendres de Krakatau. (*Nature*, jan. 31, 1884, p. 309.)

(2) La Société royale de Londres a créé, au mois de février, un comité chargé de rassembler et d'étudier toutes les observations relatives à l'éruption de Krakatau. Les lueurs atmosphériques et l'analyse de ces poussières figurent au programme.

Voilà donc les conditions atmosphériques qui paraissent avoir joué le grand rôle dans nos illuminations crépusculaires : la présence dans l'atmosphère de vapeurs aqueuses, de cristaux de glace et de poussières solides en quantité plus considérable que d'habitude. La direction du vent et même la température semblent avoir été sans grande influence sur ces phénomènes, puisqu'ils se sont manifestés, en plusieurs stations, pendant 60 et 80 jours consécutifs, dans des circonstances atmosphériques très variables, et que nous les avons admirés ici pendant un hiver extrêmement doux, alors qu'on les observait, en même temps, aux États-Unis, par un froid très rigoureux.

Il ne nous reste plus, avant de chercher à les expliquer, qu'à jeter un coup d'œil rapide sur les traits communs à toutes les observations d'Europe et à signaler quelques exceptions remarquables.

La succession et la superposition des couleurs, leur orientation dans le ciel, leur apparition et leur disparition se sont produites à peu près de la même manière partout et toujours. Toutes les descriptions s'accordent dans leurs traits principaux.

Les illuminations du matin ont été, en général, moins brillantes que celles du soir. L'aurore du 30 novembre cependant fait exception. Nous trouvons dans les observations faites à Liège par M. Pérard, professeur à l'université, et dont nous devons la communication à l'obligeance de l'auteur et de M. Montigny, membre de l'Académie royale de Belgique, une description de ce magnifique lever du soleil, qui concorde parfaitement avec nos observations personnelles.

Vers 5 heures et demie du matin, deux heures avant le lever du soleil, l'aurore s'illumina d'une vive clarté orangée, qui s'étendit bientôt en une immense nappe de lumière vers le nord et le sud, et qui atteignit son maximum d'éclat à 6 heures. Ce spectacle me rappela, dit M. Pérard, les

magnifiques couchers de soleil de la Norwège, moins les détails qui rendaient ici l'illumination plus belle, et qui ne se sont pas manifestés pendant les soirées des 27, 28, 29, ni même du 30 novembre.

Des bandes horizontales stratifiées, d'un beau bleu, pâles mais fixes, parsemaient ce voile splendide, en interrompant faiblement la lumière générale. De temps en temps, vers le nord, se dressaient des sillons verticaux de couleur verte qui s'éteignaient presque aussitôt. Le zénith était bleu, bordé de vert pâle à l'est et à l'ouest. L'occident offrait aussi un éclairement prononcé, mais incomparablement plus faible que l'orient. Tout s'éteignit quelques minutes avant le lever du soleil.

Le même jour, l'illumination de la soirée fut splendide à Christiania. Le ciel était serein ; le soleil se coucha à 3 h. 4 m., mais rien d'extraordinaire n'apparut avant 5 heures. Alors une lueur rose se montra, d'abord à l'ouest; elle grandit, augmenta d'éclat et prit bientôt l'aspect du cuivre chauffé au rouge vif. Plus de trois heures après le coucher du soleil, on voyait encore à l'horizon une bande rouge qui tranchait sur l'azur sombre du ciel.

A ce moment le centre du soleil se trouvait à 21°16′ au-dessous de l'horizon. Les lueurs rouges s'étaient déplacées avec lui, pendant toute la durée du phénomène ; mais leur centre était à 7° au sud de l'azimut du soleil.

Cette dissymétrie très curieuse, remarquée déjà à Honolulu, est signalée par un grand nombre d'observateurs. Nous l'avons personnellement constatée à plusieurs reprises. Nous trouvons même à la suite des observations faites à Tortose, en Espagne, cette remarque générale : Le centre des lueurs crépusculaires s'est montré invariablement à gauche du plan vertical passant par le soleil. Quelques observateurs, cependant, situés à peu près aux mêmes latitudes, insistent sur l'orientation rigoureuse du phénomène autour du centre du soleil.

Ce qui est certain, c'est que ces lueurs accompagnaient

le soleil ; se levant le matin à l'orient et disparaissant le soir, à la manière des astres, en se couchant à l'occident. Nous ne trouvons qu'une seule exception à cette règle générale ; elle s'est présentée le 26 novembre. Ce soir-là, l'illumination semble s'être produite beaucoup plus au nord. « Les lueurs du lundi 26 novembre à 4 heures du soir, lisons-nous dans les notes de M. Pérard, étaient bien au nord ou à très peu près ;... les jours suivants elles se sont montrées à une place toute différente : le centre lumineux était à l'ouest, un peu au sud. »

Nous pourrions joindre aux observations précédentes celles qui ont été faites à des altitudes élevées, à l'observatoire du Puy-de-Dôme, par exemple, et au sommet du Ben Nevis, en Écosse. Mais nous sommes suffisamment fixés sur les conditions générales de l'apparition et du développement de ces lueurs crépusculaires, pour aborder l'examen des théories qui prétendent les expliquer.

II

LES THÉORIES.

La première explication qu'on en essaya n'eut qu'un succès fort éphémère. C'est, on se le rappelle, le 26 novembre que se manifestèrent pour nous, dans tout leur éclat, les lueurs rouges du crépuscule. Le lendemain, les journaux entretenaient leurs lecteurs de la magnifique *aurore boréale* que l'Europe entière avait admirée. Mais, lorsqu'on vit de nouveau le soir, à la même heure, cette illumination splendide, on se prit à douter de l'interprétation qu'on lui avait donnée. L'observation la plus attentive n'y découvrait rien qui ressemblât au vacillement de la lumière polaire ; on n'apercevait aucune trace de couronne; aucun rayon ne traversait le ciel pour s'élever vers le méridien

magnétique, et tout s'éteignait progressivement en se rapprochant de l'horizon, à la manière des crépuscules ordinaires. Et puis, ce n'est pas dans cette partie du ciel que brille ordinairement la lumière polaire. On s'était donc trompé.

Mairan, dans son traité des aurores boréales, met déjà les observateurs en garde contre ces méprises. Ici l'erreur était manifeste. Si les différences essentielles que nous venons de signaler ne suffisaient pas à le démontrer, la persistance du phénomène, sa marche à la surface du globe et surtout l'absence de toute perturbation magnétique pendant toute sa durée, achèveraient de nous en convaincre. Toujours l'aurore boréale trouble l'aiguille aimantée. Or, pendant cette longue période des crépuscules extraordinaires, les aimants sont restés parfaitement calmes à Bruxelles, à Paris, à Prague, à Greenwich, etc. C'est à peine si l'on relève quelques écarts, la plupart peu prononcés, et, en tout cas, sans proportion ni coïncidence suffisantes avec ces lueurs rouges.

Mais, si les deux phénomènes ne sont pas identiques, sont-ils absolument indépendants?

Il en est qui persistent à les rapprocher. Sans discuter ici leurs conjectures, généralement fort peu fondées, il est bon d'en signaler une qui nous conduira tout naturellement à une nouvelle hypothèse, suivant laquelle ces lueurs rouges seraient une manifestation de la lumière zodiacale.

Le spectre de l'aurore boréale n'est pas, comme le spectre solaire, une bande lumineuse interrompue par des raies obscures ; il est, comme celui des gaz incandescents, composé seulement de quelques raies brillantes. La plus remarquable de ces raies est située dans le jaune, un peu au delà de la ligne D du sodium. Elle a été découverte par M. Angström, en Europe, et par M. Winder, en Amérique, et c'est dans un article publié récemment par ce

savant américain que nous trouvons la théorie suivante (1).

Le spectre discontinu de la lumière polaire nous apprend, selon M. Winder, que la matière aurorale est un gaz rendu lumineux, mais à une très basse température. Nous ignorons à quelle substance chimique il faut rapporter ce spectre ; mais nous retrouvons la raie brillante qui le caractérise dans l'atmosphère coronale du soleil, dans la lumière zodiacale, et même dans la lueur phosphorescente qui se manifeste parfois, la nuit, sur la voûte céleste.

On est donc autorisé à admettre que la matière aurorale est répandue dans les régions supérieures de l'atmosphère où elle est habituellement présente en plus ou moins grande quantité.

Cette matière possède des propriétés électriques et magnétiques puissantes. Or, on sait aujourd'hui que toute perturbation extraordinaire à la surface du soleil entraîne une perturbation dans les éléments magnétiques du globe ; celle-ci réagit sur la matière aurorale qui s'accumule alors vers les pôles magnétiques de la terre.

Ce nuage polaire, beaucoup plus épais au centre que sur les bords, et suspendu à une hauteur de 100 à 500 milles au-dessus de la surface du globe, est convexe vers le ciel et concave vers la terre. La chaleur et la lumière du soleil concentrées par cet immense réflecteur, s'accumulent à son foyer. La température s'élève en ce point ; bientôt elle devient capable de rendre incandescente cette matière gazeuse, qui réfléchit, en même temps, la lumière solaire sur les petits nuages isolés qui l'entourent, et provoque, par ses mouvements et les transformations de la courbure de ses surfaces, tous les jeux de lumière qui accompagnent l'aurore polaire.

Cette théorie, suivant M. Winder, s'applique d'elle-

(1) The Detroit free Press, Thursday, jan. 31, 1884, *The aurora borealis and the red sunsets.*

même aux illuminations crépusculaires. Nous venons de traverser une époque de grande activité solaire. L'atmosphère terrestre était donc surchargée de matière aurorale que des répulsions électriques, plus puissantes que les attractions magnétiques, auront répandue en nappe immense des pôles vers les régions tropicales. La terre s'est trouvée ainsi entourée d'un voile, que les rayons du soleil devaient traverser pour arriver jusqu'à nous. Le matin et le soir ils pénétraient obliquement dans cette couche absorbante, et la traversaient sous une plus grande épaisseur ; voilà pourquoi ils en sortaient amoindris ; le violet et le bleu étaient absorbés, le rouge seul était transmis, et colorait l'horizon de toutes les lueurs d'un vaste incendie.

Nous croyons inutile de discuter ici la théorie de l'aurore polaire proposée par M. Winder; car, même en la supposant exacte, elle ne nous paraît pas s'étendre aux illuminations crépusculaires.

Ces illuminations se sont montrées d'abord aux habitants de la zone tropicale ; elles avaient fait depuis longtemps le tour du monde en suivant l'équateur quand elles ont envahi nos latitudes élevées; et c'est entre les tropiques que l'absorption des rayons solaires a atteint son maximum. N'est-ce pas le contraire qui eût dû se produire dans l'hypothèse de M. Winder ? Et puis, si ces illuminations sont si intimement liées aux perturbations de la surface solaire, pourquoi ne se reproduisent-elles pas périodiquement, en suivant l'allure bien connue du nombre des taches du soleil, dont l'influence est si nettement marquée dans les variations du magnétisme terrestre et le développement des aurores polaires ?

Nous pourrions tirer bien d'autres objections des faits que nous avons exposés plus haut ; mais celles-ci suffisent à montrer que la matière aurorale, dont l'existence du reste est hypothétique, ne resout pas la question.

Il en est de même de la lumière zodiacale. On sait qu'on

a donné ce nom à une lueur blanchâtre qui, dans nos régions septentrionales, quand le ciel est pur et la nuit bien noire, s'observe parfois après le coucher ou avant le lever du soleil. C'est sous la forme d'un fuseau sphérique large d'environ 15°, dont le soleil caché occuperait le centre, et dont une portion seulement émerge obliquement de l'horizon, que nous la voyons ordinairement. Mais, entre les tropiques où elle est plus brillante, elle prend souvent une figure toute différente. « Pendant plusieurs mois des années 1865 et 1866, dit le P. Carbonnelle, je l'observai à peu près toutes les nuits à Calcutta ; et d'octobre à décembre, je pus la voir et la montrer, non pas, comme chez nous, sur une longueur de quelques degrés, mais de l'ouest à l'est, en passant par le zénith ; elle couvrait, sur les deux côtés d'un demi-grand cercle, une bande longue de 180° et large d'au moins 25° ; sur un tiers de sa longueur, cette bande atteignait l'éclat moyen de la voie lactée ; et presque partout les yeux les plus ordinaires et les moins exercés la distinguaient sans peine (1). »

Nous sommes évidemment bien loin de l'éclat et de la forme des illuminations crépusculaires. Il est impossible de ne voir dans celles-ci qu'une manifestation de la lumière zodiacale, dont la couleur est presque toujours le blanc pur de la voie lactée. Les teintes rouges et jaunes signalées par Derham (1707), remarquées plus tard par Arago et plus récemment par le Dr Heis, de Munster et le Rév. G. Jones, sont l'exception ; et, en tout cas, jamais elles ne se sont présentées, même dans les régions tropicales où ce météore déploie toute sa splendeur, avec cette intensité et cette durée.

Mais on peut envisager ce rapprochement à un autre point de vue.

De nombreuses observations permettent de regarder

(1) Compte rendu du Congrès des sciences géographiques (Anvers, 1871), t. II, p. 64 : *Aurore boréale. Lumière zodiacale. Etoiles filantes.*

comme probable que la terre est toujours plongée dans la matière zodiacale, dont elle traverserait les couches les plus denses d'octobre à décembre et d'avril à juin. Nous ne savons pas quelle est la nature chimique de cette substance ; mais nous avons rappelé tantôt que son spectre est semblable à ceux des gaz incandescents et de l'aurore boréale. Nous sommes donc amenés à regarder cette matière, non pas comme un convoi d'astéroïdes réfléchissant uniquement la lumière solaire, mais comme un amas de particules infiniment plus petites douées de lumière propre. La terre, en les traversant, se plongerait donc dans une sorte de nuage. Grâce à la faible densité de ce nuage, et à son mouvement de translation, le même à fort peu près que celui des planètes les plus rapprochées du soleil, ce milieu pondérable n'offrirait point de résistance appréciable aux mouvements de notre globe (1) ; mais il exercerait sur les rayons solaires une absorption élective, analogue à celle que M. Winder attribuait tantôt à la matière aurorale et qui donnerait naissance à ces jeux de lumières que nous cherchons à expliquer.

Encore une fois, ces hypothèses ne satisfont pas aux observations. Si les lueurs rouges sont produites par cette absorption, pourquoi ne se produisent-elles pas chaque année à la même époque? Et comment expliquer leur marche à la surface du globe ?

Je passe une foule d'autres idées plus étranges les unes que les autres. Comment et à quoi bon discuter des asser-

(1) Le P. Carbonnelle a constaté que, en 1865, l'inclinaison de l'anneau zodiacal sur l'écliptique était de 14°6′ et la longitude du nœud ascendant, en supposant le mouvement direct, était de 228°49′. Il résulte de cette position comparée à celle de l'orbite de la comète d'Encke « que cette comète doit être plongée dans le milieu zodiacal pendant une grande partie de sa course ; et ce serait peut-être à la résistance de ce milieu pondérable qu'il conviendrait de rapporter les singulières perturbations du mouvement de cette comète. » Ajoutons que la comète de Faye, dont le mouvement présente des anomalies analogues à celles de la comète d'Encke, attribuées aux perturbations causées par Jupiter, a pour inclinaison (1881) 11°49′40″.

tions telles que celles-ci : les illuminations crépusculaires ont été provoquées par une disposition relative spéciale des planètes de notre système ; ce sont des manifestations électriques ; des éclairs diffus ; des phénomènes analogues aux protubérances solaires, etc.?

Arrêtons-nous à l'hypothèse d'une chute de poussières cosmiques. Elle repose sur des faits certains et sur des rapprochements dont on exagère peut-être la portée.

On admet aujourd'hui qu'il entre chaque jour dans notre atmosphère plusieurs millions de météorites. La chaleur développée par la résistance de l'air les réduit en vapeur et en poussières.

Il serait difficile d'évaluer la masse quotidienne de ces produits. Elle est certainement insignifiante si on la compare à la masse de l'atmosphère ; mais elle peut être, en soi, très considérable. Quelques astronomes évaluent son poids à cent, voire même à mille tonnes. Ne discutons pas ces chiffres ; acceptons même l'évaluation la plus forte, et supposons que la combustion des aérolithes et des étoiles filantes introduit chaque jour dans notre atmosphère un million de kilogrammes de poussières et de vapeur (1). Cela posé, voici comment on raisonne :

Ce chiffre d'un million de kilogrammes sera certainement dépassé aux époques où la terre, dans son voyage autour du soleil, rencontre ces anneaux de météorites dont les astronomes ont calculé l'orbite. Alors se produit, pour nous, une véritable pluie d'étoiles filantes. C'est par

(1) Il y a une trentaine d'années, M. P. A. Kesselmeyer émit l'idée que les météorites pourraient bien avoir une origine terrestre (voir : ABHANDLUNGEN DER SENCKERBERGISCHEN NATURF. GESELLS., Francfort-sur-le-Mein, t. III, 1861, p. 313 : *Ueber den Ursprung der Meteorsteine*). Dans cette hypothèse, que la grande vitesse des météorites rend au moins très improbable, les étoiles filantes, etc., naissent de la condensation dans l'atmosphère des vapeurs métalliques et autres lancées par les volcans. S'il en était ainsi, nous devrions nous attendre à une recrudescence bien marquée dans la chute des météorites après les grandes éruptions volcaniques de l'année dernière.

milliers qu'on les compte; et un plus grand nombre échappe certainement à l'observation.

Or la terre traverse plusieurs de ces anneaux pendant les six derniers mois de l'année; et ces rencontres ont coïncidé parfois avec des manifestations orageuses et des illuminations crépusculaires, moins brillantes sans doute, mais analogues à celles de ces derniers temps. Ainsi, depuis la pluie d'étoiles filantes qui a fait son apparition le 27 novembre 1872, on a vu éclairer ou entendu tonner presque chaque année, dans nos régions, du 26 au 28 novembre. Des crépuscules extraordinaires ont été observés à Paris les 10 et 11 décembre 1882, alors que la terre venait de traverser le dernier essaim cosmique de novembre. La même coïncidence avait été signalée en Espagne, au mois d'octobre de la même année, et elle s'est reproduite, en 1883, au moment où la terre rencontrait l'orbite du grand essaim de juillet.

D'ailleurs n'avons-nous pas vu que, cette année même, on a recueilli des poussières cosmiques en Suisse et en Norwège? Et serait-il bien difficile de montrer que la présence en plus grande quantité de ces poussières dans notre atmosphère peut parfaitement produire ces illuminations rouges? Il suffit donc pour les expliquer d'admettre que la terre a rencontré une portion plus dense de ces essaims, et que notre atmosphère en est sortie chargée de poussières et de vapeurs cosmiques (1).

Il n'y a dans cette théorie rien de contradictoire, d'impossible ni d'absurde; mais tout nous paraît invraisemblable.

Certes, la plupart des faits que nous avons rapportés s'expliquent très simplement par la présence, dans les régions supérieures de l'atmosphère, d'une couche absor-

(1) M. Nordenskiöld a défendu la théorie cosmique, à la Société de géographie de Stockholm, le 18 janvier dernier; voir les *Proceedings of the R. G. S.*, vol. VI, no 3, p. 164.

bante de poussières et de vapeurs ; nous le montrerons plus loin. Mais, pour que ces observations crépusculaires aient pu se produire simultanément à des distances énormes et pendant tant de jours consécutifs, ce n'est pas des millions, mais des milliards de kilogrammes de vapeurs et de poussières que nous devrions supposer dans notre atmosphère. Est-il vraisemblable qu'une telle quantité de matières cosmiques s'y soit introduite sans qu'une pluie extraordinaire d'étoiles filantes n'ait trahi son arrivée? Et si la terre s'est plongée à notre insu dans un nuage cosmique, pourquoi les illuminations crépusculaires ne se sont-elles pas d'abord manifestées sur tout un hémisphère à la fois?

Quant aux coïncidences que relèvent les partisans de cette théorie, ont-elles bien toute la signification qu'on leur suppose?

Je laisse de côté les manifestations orageuses, qui méritent certes de fixer l'attention des météorologistes. Mais les crépuscules signalés à Paris et en Espagne ne sont que des phénomènes locaux et de peu de durée ; et l'on pourrait, sans aucun doute, en observer chaque année d'aussi brillants, ne coïncidant nullement avec une période cosmique quelconque. Jamais aucune pluie d'étoiles filantes, aucune rencontre de la terre avec un essaim météorique, n'a été suivie d'illuminations crépusculaires comparables à celles de l'année dernière. Il faut donc chercher ailleurs une explication moins hypothétique et plus conforme aux observations.

Dès les derniers jours de novembre, M. Hartwig, de l'observatoire de Strasbourg, publiait dans les journaux de cette ville, une lettre où il montrait que l'illumination crépusculaire du 27 n'était ni une aurore boréale, ni une manifestation de la lumière zodiacale, mais qu'il fallait l'attribuer « à la lumière du soleil réfléchie par des cirrus très élevés au-dessus de l'horizon. »

Nous retrouvons la même idée dans le *Bulletin météoro-*

logique de l'observatoire de Bruxelles du 30 novembre 1883. « On a pu observer depuis quelques jours, y lisons-nous, au moment du coucher du soleil, une vive lueur rougeâtre dans le S. W. s'élevant assez haut au-dessus de l'horizon. Cette lueur est due simplement à l'illumination de vapeurs élevées par les rayons du soleil couchant. »

Le Dr Assman, directeur de l'observatoire météorologique de Madgebourg, attribue également ces phénomènes à la réflexion de la lumière solaire sur les couches supérieures de l'atmosphère saturées de vapeur d'eau.

M. Alluard, directeur de l'observatoire du Puy-de-Dôme, expose une théorie analogue dans les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences du 21 janvier dernier. « Il n'est pas besoin, dit-il, pour expliquer les lueurs crépusculaires de ces derniers temps, de faire intervenir des poussières volcaniques apportées de Java dans les régions élevées de l'atmosphère, ou des poussières venant des espaces planétaires sur notre globe. Il suffit d'admettre un régime particulier dans les couches d'air un peu élevées, régime qui se présente souvent et qui n'est exceptionnel maintenant que par sa durée et son intensité. «

Beaucoup d'autres météorologistes ont adopté cette manière de voir. Le Dr S. Haughton l'a défendue, dans une lecture à la Société royale de Dublin, où il soutient en outre que ces crépuscules n'ont aucun rapport avec l'éruption de Krakatau (1).

M. Lancaster, de l'observatoire de Bruxelles, ne va pas jusque-là. Voici comment il résume l'intéressant article qu'il a publié dans la revue *Ciel et Terre* et que nous avons déjà cité : « Les illuminations crépusculaires de ces mois derniers nous paraissent tout simplement devoir être attribuées à la présence d'une grande quantité de vapeur

(1) Dublin, jan. 21, 1884 : *Remarks on the unusual sunrises and sunsets that characterised the close of the year 1883.*

d'eau dans les régions inaccessibles de l'atmosphère, à des altitudes où, généralement, les courants sont formés d'air absolument sec. Pour expliquer l'introduction de cette vapeur à de telles élévations, il ne nous répugnerait pas de faire appel à l'éruption du Krakatoa. »

Avant d'étudier ce rapprochement auquel nous a préparés l'exposé des faits, il importe de nous rendre compte de la théorie elle-même. Elle se résume en deux mots : ces lueurs rouges ne sont que des crépuscules intenses. Voyons donc comment se produisent les crépuscules ordinaires ; nous saurons alors jusqu'à quel point nous devons recourir à une cause étrangère pour expliquer cette intensité.

« L'aurore et le crépuscule, dit Fontenelle, sont une grâce que la nature nous fait ; c'est une lumière que régulièrement nous ne devrions point avoir, et qu'elle nous donne par-dessus ce qui nous est dû. »

Ce surcroît n'est pas à dédaigner ; surtout pour les habitants des régions polaires. Voici, d'après Mädler, comment se répartissent, pendant l'année, aux pôles et à l'équateur, les heures de jour, de nuit et de crépuscule :

A l'équateur,			Aux pôles,		
4348	heures	de jour,	4389	heures	de jour,
852	»	de crépuscule,	2370	»	de crépuscule,
3446	»	de nuit.	1887	»	de nuit.

Cette clarté intermédiaire entre le jour et la nuit est due à la réfraction et à la réflexion de la lumière solaire dans notre atmosphère. Elle est d'autant plus vive que le soleil est plus près de l'horizon ; et elle cesse ordinairement d'être observable lorsqu'il est abaissé de 17 à 18 degrés au-dessous de ce plan.

Il est facile de définir ses limites géométriques. Étudions-la le soir par un ciel serein, au moment où le soleil vient de disparaître. Si l'on conçoit un cône de rayons lumineux venant du soleil, tangentiellement à la surface de la terre,

et qu'on le prolonge à travers l'atmosphère supposée sphérique, en tenant compte des réfractions qu'il y subit, il y tracera, en sortant, un cercle qui séparera des autres les régions aériennes directement illuminées ; c'est le contour de l'ombre terrestre.

Ce cercle limite a son centre sur l'axe du cône des rayons solaires ; il s'élève, sur l'horizon oriental, à mesure que le soleil descend plus profondément du côté opposé ; et il tourne ainsi, autour du centre de la terre, avec un mouvement angulaire égal à celui de notre planète. Un observateur placé sur la surface de la terre ne découvrira évidemment qu'une très petite portion de ce cercle, celle qui s'élève au-dessus de son horizon apparent ; et, par une illusion de perspective, ce petit arc, projeté sur la voûte du ciel, lui paraîtra sensiblement une portion de grand cercle de la sphère céleste.

De fait, la limite observable du phénomène est loin d'être aussi nette, dans la nature, que le suppose cette description géométrique. La raison en est bien simple. Sans parler des brumes et des nuages qui empêchent le développement régulier du crépuscule et rompent sa symétrie, la portion illuminée de l'atmosphère projette nécessairement quelque lumière sur la portion voisine, qui ne reçoit pas directement les rayons du soleil. Elle devient donc, pour celle-ci, un corps éclairant, d'une intensité de radiation infiniment moindre que l'astre, mais qui pourra souvent lui donner une lueur sensible. Cette illumination secondaire s'appelle le *second crépuscule*.

Il est aisé de déterminer la portion de l'atmosphère qui la reçoit, et de montrer qu'on peut géométriquement concevoir ce second espace crépusculaire comme le générateur d'un troisième, éclairé plus faiblement encore ; mais il est inutile de pousser plus loin ces considérations (1).

(1) Voir *Mémoires de l'Académie royale des sciences de l'Institut de France*, t. XVII, p. 769. (Mém. de Biot).

Les caractères généraux qu'elles indiquent se retrouvent dans le phénomène réel (1). Lorsque le ciel est pur, le bord circulaire de l'auréole lumineuse qui entoure le point de l'horizon que le soleil vient d'abandonner se détache sur la voûte céleste. Cette circonférence limite se nomme la *courbe crépusculaire*. Elle se lève quand le soleil se couche ; on la voit monter au-dessus de l'horizon oriental, atteindre le zénith et descendre vers l'horizon occidental à mesure que le soleil s'abaisse sous ce plan. Enfin elle se couche elle-même à la suite de cet astre.

Si les circonstances sont favorables, on aperçoit encore, après son coucher, une lumière indécise illuminant l'horizon vers le N-O. Il est impossible d'assigner le point du ciel où elle finit ; mais la diminution graduelle de son intensité, de l'horizon vers le zénith, ne laisse aucun doute sur sa véritable nature. Cette lueur correspond évidemment à des portions de l'atmosphère pour lesquelles la courbe crépusculaire n'est pas encore couchée ; les rayons lumineux qui nous la font voir, arrivent donc à notre œil après une double réflexion subie dans les couches supérieures.

On le voit, le phénomène crépusculaire est très complexe. S'il est facile de constater l'existence de l'auréole lumineuse, son mouvement angulaire et sa disparition, l'observation de sa hauteur angulaire est, au contraire, très délicate, et il est bien difficile de décider si ce que l'on est convenu d'appeler la courbe crépusculaire appartient à la limite géométrique du premier espace crépusculaire, ou du second, ou du troisième, ou à quelque partie intermédiaire de l'un d'eux. Il semble très probable que la position de cette courbe, et, par suite, la durée du crépuscule, dépend beaucoup des conditions atmosphériques ; qu'elle varie avec l'intensté du crépuscule primaire, et peut être rejetée très loin par les réflexions multiples qui jouent un si grand rôle dans les colorations atmosphériques.

(1) *Annuaire météor. de France*, pour 1850, p. 185. (Mém. de Bravais).

Le lecteur comprendra maintenant pourquoi nous n'avons rien dit de la durée de nos illuminations crépusculaires, ni des hauteurs excessives auxquelles certains observateurs ont placé les couches réfléchissantes qui ont contribué à les produire. Leurs calculs reposent sur l'hypothèse d'une seule réflexion ; encore les résultats qu'ils obtiennent sont-ils très discordants ; ils rappellent parfaitement les mesures si disparates de la hauteur de l'atmosphère par l'observation des crépuscules. Les conditions dont il faut tenir compte sont si multiples et si variables qu'on ne peut pas, croyons-nous, attacher grande importance à ces déterminations. Il suffit, du reste, de parcourir des observations de crépuscule pour en trouver, en tous temps, d'aussi irréguliers, par leur durée, que ceux de ces derniers mois.

Je passe donc de l'étude géométrique du crépuscule à la visibilité et aux colorations de l'atmosphère. On a cru longtemps que l'atmosphère est un corps transparent de couleur bleue, et que cette teinte est inhérente aux molécules de l'air. Mais, en examinant les faits avec attention, on a été amené à regarder l'atmosphère comme à peu près incolore et à attribuer aux particules étrangères qu'elle contient en suspension tous les jeux de lumière dont elle est le siège.

Pour les expliquer, on a mis en avant une foule d'hypothèses. Je ne m'arrête pas aux théories de Léonard de Vinci, de Mariotte, de Fabri et de Newton ; j'arrive immédiatement aux recherches plus modernes du professeur Forbes d'Édimbourg.

Le hasard le conduisit à une série de découvertes qui montrent bien que la vapeur d'eau possède toutes les propriétés nécessaires pour disloquer la lumière blanche, et donner naissance aux colorations atmosphériques. Il se trouvait, par une belle journée, placé sur une locomotive et regardait le soleil à travers le panache de vapeur qui

sortait du tuyau d'échappement. Il l'aperçut coloré en jaune orangé, à un endroit où la vapeur n'avait pas encore pris la forme de nuage blanc.

Forbes chercha aussitôt à reproduire ce phénomène dans son laboratoire, et il constata, par de nombreuses expériences, que la vapeur d'eau à l'état gazeux et sec passe, avant de prendre l'apparence de nuage, par un état intermédiaire, dans lequel elle n'est plus transparente qu'à la manière d'un verre coloré. En faisant varier l'épaisseur de cette couche absorbante, on constate qu'elle arrête d'abord le violet, puis le bleu, ensuite le jaune, et à la fin il ne passe plus qu'un rouge très vif, et un vert imparfait.

On discute sur la nature de cet état particulier de la vapeur d'eau ; mais on s'accorde à admettre que c'est sous cette forme qu'elle se condense dans l'atmosphère.

De plus, tout ce que nous venons de dire des propriétés optiques de la vapeur d'eau peut s'appliquer aux autres vapeurs et même, jusqu'à un certain point, aux poussières solides. Les expériences de M. Tyndall sur les *nuages naissants* ont montré que des particules parfaitement incolores et de nature quelconque réfléchissent la lumière bleue et transmettent la couleur complémentaire, pourvu qu'elles soient suffisamment petites ; une extrême petitesse, voilà la seule condition que doivent réaliser ces particules pour jouir de ces propriétés.

Ce n'est pas tout encore. On ne trouve pas uniquement dans les vapeurs et les poussières les particules dont nous venons de parler et que nous appellerons avec M. Lockyer des *molécules bleues ;* on y rencontre aussi des *molécules rouges*, qui réfléchissent le rouge et laissent passer la couleur complémentaire (1).

(1) TIMES, december 8, 1883 ; *The recent sunrises and sunsets.* Voir aussi la série d'articles publiés par M. Lockyer dans la revue NATURE, t. XVIII, 1878, sous ce titre : *Physical science for artists ;* en particulier les trois derniers.

Ces découvertes du laboratoire s'appliquent immédiatement aux colorations atmosphériques.

L'atmosphère, même quand elle paraît parfaitement limpide, contient en suspension, non seulement de la vapeur d'eau et de petits cristaux de glace, mais une quantité considérable de poussières solides.

Pendant l'hiver de 1878, M. Langley, astronome américain, vint étudier, sur les parties élevées de l'Etna, la transparence de l'atmosphère (1). Il fut très surpris de constater au télescope, à cette altitude et sous le ciel le plus pur du monde, une quantité énorme de poussières extrêmement fines, accumulées à un même niveau et formant, pour ainsi dire, une des couches de l'enveloppe atmosphérique qui nous entoure.

En 1881, le même astronome retrouva cette couche de poussières en Amérique. Il faisait alors partie de l'expédition scientifique envoyée par l'observatoire d'Alleghany au mont Whitney (Californie) pour y étudier également la transparence de l'atmosphère. Du fond de la vallée, le ciel semblait d'une pureté parfaite ; mais à la hauteur de 12 000 pieds, on se trouva plongé dans un air chargé de particules microscopiques ; le sommet de la montagne semblait émerger de cette poussière, et la lumière qui la traversait horizontalement se colorait en rouge. M. Clarence King, géologue américain, plaçait dans les contrées arides de la Chine l'origine de ces poussières du mont Whitney ; elles auraient donc fait, à travers le Pacifique, le quart environ du tour du monde.

M. Langley rapproche ces faits de l'observation toute semblable faite par M. Piazzi Smyth, dans l'océan Atlantique, au sommet du pic de Ténériffe ; et il croit pouvoir en conclure qu'il existe, d'une manière permanente, à 5 000 mètres environ, une couche de particules solides,

(1) New York daily Tribune, jan. 2, 1884 ; reproduit dans Nature, jan. 31, p. 325 *A vast dust envelop.*

alimentée par des poussières d'origine terrestre ou cosmique, et qui fait en quelque sorte partie intégrante de notre atmosphère.

Eh bien, nous croyons que ces poussières jouent un rôle dans les colorations atmosphériques. Sans doute, il est difficile de distinguer la part qui leur revient dans l'absorption des rayons solaires, de celle, bien plus considérable, qui appartient à la vapeur d'eau ; mais il ne s'ensuit pas que leur action soit négligeable.

Lorsque M. Lockyer vit, à travers les bouffées de vapeur sortant de la cheminée d'un steamer, le soleil se colorer en vert ; ou lorsque nous le voyons se teindre en jaune ou en rouge par l'interposition de la fumée qui s'élève d'un feu de bois, sommes-nous bien sûrs que les particules solides en suspension dans ces nuages ne concourent pas directement à produire ces colorations? Et pouvons-nous en douter quand des voyageurs, traversant le Sahara, nous assurent avoir vu le soleil bleu à travers les tourbillons de sable que le simoun dispersait dans les airs (1)?

Nous pourrions multiplier ici les observations. Le 3 juillet 1880, M. Edward Whymper gravissait la pente ouest du Chimborazo. Le temps était splendide et le ciel d'une grande pureté. Arrivé à la hauteur de 16 000 pieds au-dessus du niveau de la mer, il lui fut donné d'assister à un spectacle magnifique. Le Cotopaxi, distant de 65 milles environ, fit tout à coup éruption.

Une immense colonne de fumée, dont le sommet atteignit en quelques instants 40 000 pieds au-dessus du niveau de la mer, couvrit peu à peu le ciel, en s'étendant dans toutes les directions. Bientôt la pluie de cendres commença ; le soleil devint vert, et le ciel se colora de teintes diverses et changeantes. Or, six heures après le début de l'éruption, un nuage de poussières s'abattait sur le Chimborazo. La

(1) *Nature*, déc. 20, 1883, p. 177. — Voir aussi la livraison de janv. 17, 1884, p. 260.

plupart de ces particules solides pesaient moins de $\frac{1}{25\,000}$ de grain ; et de plus petites encore flottaient dans l'atmosphère, formant une sorte de brouillard léger. Il est bien difficile d'admettre que les poussières solides n'aient eu aucune part dans ces phénomènes d'absorption.

Cette idée d'ailleurs n'est pas nouvelle ; nous la retrouvons dans un ouvrage déjà vieux d'un siècle. Érasme Darwin, dans son *Botanic Garden* dont la troisième édition parut en 1791, rapporte qu'on vit à Détroit, le 19 octobre 1762, le soleil se colorer en rouge sang, et qu'on recueillit en même temps dans la pluie un sédiment noirâtre, semblable à des poussières volcaniques, auxquelles Sterling, un savant de l'époque, attribua l'étrange couleur du soleil (1).

Nous citerons tantôt d'autres observations du même genre, quand nous aurons indiqué comment des poussières solides contribuent, autrement encore que par l'absorption directe des rayons solaires, à produire les colorations atmosphériques.

Nous avons dit que l'atmosphère tient en suspension de la vapeur d'eau et souvent aussi des cristaux de glace ; c'est à la présence de ces cristaux dans les régions élevées de l'air, que sont dus les halos solaires et lunaires ; et il n'est pas douteux que ces nuages glacés n'ajoutent souvent à la beauté et à la durée de nos crépuscules en dispersant et en réfléchissant les rayons du soleil.

Or, la condensation et, par suite, la congélation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère sont intimement liées à la présence des poussières solides. C'est ce qui ressort des recherches récentes de M. J. Aitken, qui a consacré à la formation des brouillards et des nuages un savant mémoire publié par les *Transactions* de la Société royale d'Édim-

(1) *Botanic Garden*, IIe partie, p. 167 ; cité par *Nature*. feb. 7, 1884, p. 334. — Voir aussi les *Phil. Trans.*, t. LIII, p. 63.

bourg (1), mémoire que nous regrettons de ne pouvoir citer ici qu'en passant. Voici une des conclusions de ses expériences. Dans un air saturé de vapeur d'eau, mais pur de toute poussière, il ne se forme ni nuage, ni brouillard. Chaque fois que la vapeur d'eau se condense dans l'atmosphère, c'est grâce à la présence de ces particules solides dont chacune devient pour ainsi dire un centre de condensation ou le noyau d'un petit cristal de glace. Elles concourent donc très activement aux colorations atmosphériques, non seulement en réfléchissant et en absorbant directement les rayons solaires, mais en condensant la vapeur d'eau et en formant ces brouillards et ces nuages légers qui ne sont pas assez denses pour arrêter la lumière du soleil, mais qui peuvent très bien la réfléchir, la disperser et, par conséquent, la colorer.

Nous possédons maintenant tous les éléments nécessaires pour expliquer les jeux de lumière dont l'atmosphère est le siège ; et nous pouvons étendre cette explication à chacune des observations que nous avons groupées dans la première partie de cette étude.

Le soleil coloré des Indes et nos illuminations crépusculaires ne diffèrent pas essentiellement des aurores et des crépuscules ordinaires ; ce sont des phénomènes dus à l'absorption des rayons solaires et à leur réflexion sur les couches élevées de l'atmosphère. Si cette absorption a été mieux marquée, et ces réflexions plus intenses, c'est que l'atmosphère tenait en suspension une plus grande quantité de vapeur d'eau, de poussières solides et de cristaux de glace.

Qu'on reprenne toute cette série d'observations, et l'on n'en trouvera aucune qui ne puisse être expliquée, dans ses grands traits, par l'une ou l'autre de ces causes.

La vapeur d'eau, les molécules *bleues* et les molécules

(1) Vol. XXX, P. I, 1880-81 ; *On dust, fogs and clouds*, p. 337-368.

rouges, ont produit le soleil coloré. La réflexion et l'absorption de la lumière solaire par la vapeur, les poussières solides, les nuages légers et les brouillards glacés qu'elles ont condensés dans les régions supérieures de l'atmosphère, ont donné naissance aux colorations variées qui illuminaient l'horizon le soir et le matin. Les teintes chaudes provenaient principalement de la lumière transmise ; les teintes froides de la lumière réfléchie ; les teintes neutres du mélange de ces deux lumières. Leur superposition et leur succession répondaient parfaitement aux différentes épaisseurs de la couche absorbante que la lumière dispersée devait traverser pour arriver jusqu'à nous, à mesure que le soleil montait ou descendait sous l'horizon. Enfin, la durée parfois considérable de ces illuminations était due à l'intensité du premier crépuscule, aux réflexions multiples de la lumière sur les couches supérieures de l'atmosphère, et peut-être aussi à des effets de mirage et au reflet d'un crépuscule lointain sur la surface tranquille de la mer.

Mais il ne faut pas se contenter de cette explication générale. Il ne suffit pas de montrer comment on peut rattacher chacun de ces météores lumineux à la présence de matières absorbantes dans l'atmosphère. Il faut encore expliquer leur ensemble, leur persistance, leur marche sur la surface du globe ; car c'est par là surtout qu'ils sont extraordinaires. D'où venaient donc ces poussières et cette vapeur d'eau ? Comment ont-elles été portées dans les couches élevées? Et quelle force a pu les y maintenir si longtemps.

Il nous paraît très probable que ces poussières et ces vapeurs sont sorties du Krakatau, et que les mêmes forces volcaniques qui ont soulevé le fond du détroit de la Sonde et inondé l'île de Java les ont lancées dans les régions supérieures. Ce sont les courants atmosphériques qui les ont dispersées sur la surface du globe. C'est

l'extrême petitesse de ces particules qui les a maintenues si longtemps en suspension. Il est facile de justifier ces affirmations.

Sans parler de l'identification probable des poussières recueillies en Espagne et en Hollande avec les cendres de Krakatau ; la concordance des dates, la marche du phénomène suivant des trajectoires qui partent toutes du détroit de la Sonde ; la succession des illuminations crépusculaires au soleil coloré, que précèdent le soleil voilé, l'obscurité, les pluies de poussières, tout cela n'impose-t-il pas ce rapprochement ? Peut-on douter que cette éruption volcanique, d'une violence extrême, n'ait lancé assez de matières dans l'atmosphère pour produire tous ces phénomènes d'absorption ? Serait-il téméraire d'affirmer que le Krakatau a vomi plus de poussières que les étoiles filantes et les aérolithes n'en fournissent en plusieurs années ? Et qui pourrait estimer la masse infiniment plus considérable encore des vapeurs et des gaz, qui ont trituré et entraîné ces poussières ?

Le choc aérien de bas en haut, dit M. Lancaster, que cette éruption a provoqué, a certainement été d'une violence inouïe. N'avons-nous pas vu que tous les baromètres du globe en ont été ébranlés ? Les masses d'air supérieures auront été en quelque sorte projetées verticalement avec la vapeur qu'elles contenaient déjà, et toute celle vomie par le volcan ; des bancs immenses de particules glacées d'une ténuité extrême et des vésicules aqueuses s'y seront formées ; la théorie de la surfusion rend cette dernière supposition parfaitement admissible ; le verglas n'est-il pas dû au choc de gouttes d'eau à une très basse température contre le sol ou des objets résistants ; et n'a-t-on pas constaté que l'eau en surfusion parcourt parfois d'assez grandes distances dans l'atmosphère sans se congeler ?

Je sais que cette théorie volcanique rencontre des adversaires. Ceux qui la combattent insistent beaucoup sur la

quantité prodigieuse de poussières qu'il faut supposer dans l'atmosphère pour arriver à expliquer comment ces phénomènes lumineux ont pu se produire, sur tout le globe, pendant plusieurs mois. D'après leurs calculs, le Krakatau tout entier, réduit en poudre, n'y suffirait pas. Nous l'admettons volontiers. Mais le Krakatau n'a pas lancé dans l'atmosphère que des poussières solides. Le volume de la vapeur d'eau sortie du volcan l'emporte de beaucoup sur celui de ces poussières ; et bien que le rôle des particules solides ait été considérable, il ne faut pas l'exagérer au point de négliger le rôle plus considérable encore de la vapeur d'eau.

Réduite à ces termes, la théorie volcanique soulève encore des objections, mais qui ne nous semblent pas insolubles. Il en est même qu'un examen plus attentif transforme en arguments.

M. Angot, du Bureau central météorologique de France, la combat en alléguant que des crépuscules tout aussi extraordinaires « ont déjà été observés en 1831 sur une étendue considérable ; » et que, pour les expliquer, Kaemtz, dans son *Cours de météorologie*, « n'a pas eu recours à des causes exceptionnelles ;... il lui suffit de vapeurs vésiculaires et de particules de neige très élevées, tandis que les couches inférieures de l'atmosphère sont bien transparentes. »

De fait, en 1831, des crépuscules très intenses ont été observés le 3 août sur la côte d'Afrique, le 9 à Odessa, le 10 dans le midi de la France, à Rome, à Gênes, à Madrid et en Allemagne ; le 15 à New-York, et plus tard à Canton. « On ne saurait rien déduire de ces observations, dit Arago, ni sur la vitesse, ni même sur le sens de la propagation (1). » Remarquons cependant que les côtes d'Afrique, l'Espagne, le midi de la France et l'Italie entourent la Méditerranée. Or, cette année même, pendant les premiers

(1) *Astron. popul.*, t. II, p. 469.

jours de juillet, une éruption volcanique très considérable s'était produite dans la mer de Sicile (1). Une île nouvelle, qui fut détruite plus tard par les flots, surgit tout à coup du sein des eaux au milieu d'une éruption de feu et de torrents de vapeur et de poussière. Arago (2) rapporte à ce sujet que Constant Prévost, envoyé par l'Académie des sciences pour étudier la formation de l'île nouvelle, apprit du prince Pignatelli que « dès les premiers jours de l'apparition, le 10 et le 11 juillet, par exemple, la colonne qui s'élevait du centre de l'île, brillait la nuit d'une lumière continue et très vive ; le prince comparait ce phénomène au *bouquet* de nos feux d'artifice. » Au commencement d'août cette même colonne répandait encore une lumière bien visible ; et une poussière impalpable, entraînée par les vents, tombait en abondance. Il faut bien reconnaître que les crépuscules de 1831 ne prouvent rien contre la théorie volcanique ; ils en sont plutôt une éclatante confirmation.

Simple coïncidence, dira-t-on peut être ; il ne se passe pas d'année sans qu'une ou plusieurs éruptions volcaniques se déclarent à la surface du globe. Sans doute ; mais toutes ne sont pas également violentes. Et puis il y a ici plus qu'une simple coïncidence ; il y a la concordance des dates et le groupement des premières observations autour du foyer volcanique. Les dates que nous citions tantôt, bien que très peu nombreuses, indiquent cependant que ces crépuscules se sont propagés en partant de la Méditerranée. Le hasard est trop capricieux pour s'obstiner à rapprocher de si près ces deux phénomènes, s'ils n'avaient entre eux aucun lien.

Ce n'est pas seulement en 1831 que cette coïncidence s'est réalisée ; elle s'était produite, plus éclatante encore, en 1783.

(1) *Les Volcans*, par K. Fuchs, pp. 96 et 220.
(2) *Astron. popul.*, t. III, p. 124.

Le 29 mai de cette année, des crépuscules extraordinaires se manifestèrent à Copenhague ; quelques jours plus tard, ils firent leur apparition en Angleterre. Vers la fin de juin et au commencement de juillet, on les observe dans des lieux fort distants les uns des autres, tels que Paris, Avignon, Turin et Padoue. Bientôt ils s'étendirent depuis la Suède jusqu'à la côte septentrionale de l'Afrique et dans une grande partie de l'Amérique du Nord (1).

Lorsqu'on relit les descriptions que nous ont laissées de ces phénomènes Gilbert White, un contemporain, dans une de ses lettres à Daines Barrington (2), et Arago, dans son *Astronomie populaire*, on y retrouve tous les traits saillants des illuminations de l'année dernière, depuis le soleil coloré et sans rayons, jusqu'aux lueurs rouges intenses et prolongées du soir et du matin (3) ; avec cette différence cependant, bien caractéristique, qu'en 1783 nos latitudes élevées voyaient le ciel voilé et le soleil coloré que les Indes ont vu en 1883. Tout cela dura plusieurs mois ; malgré les pluies abondantes qui tombèrent en juin et en juillet et les vents les plus forts. Le 26 septembre, on observait encore, à Copenhague, les lueurs rouges.

Or Sommerville, dans sa *Géographie physique*, attribue ces lueurs aux vapeurs et aux poussières lancées par le Skaptar Joekull, volcan d'Islande, qui fit éruption pendant les premiers jours de mai 1783. La quantité de matière que vomit le volcan pendant les trois mois que dura l'éruption fut énorme. « Pendant une année entière, dit Arago, l'atmosphère de l'Islande se trouva mêlée à des nuages de

(1) Arago, *Astr. popul.*, t. II, p. 465. — SCIENCE, vol. III, n° 55, feb. 22, 1884, p. 231, *Red skies a century ago* (G. Karsten).

(2) *Nature*, dec. 20, 1883, p. 176.

(3) « Le brouillard de 1783, dit Arago, paraissait doué d'une certaine vertu phosphorique. » L. c. p. 467. Plusieurs observateurs ont signalé le même fait en 1883 : Voir *Nature*, jan. 3, 1884, p. 224 ; *Cosmos-les-Mondes*, 19 janv., etc.

poussière que pénétraient à peine quelques rayons de soleil (1). »

L'illustre auteur de l'*Astronomie populaire* consacre un chapitre tout entier de son livre à ce qu'il appelle *les brouillards secs de 1783 et de 1831.* Il se demande si, pour expliquer ces soleils colorés et ces illuminations intenses, il est nécessaire d'admettre que la terre se soit plongée dans la queue d'une comète (2). Il rejette cette hypothèse ; et voici celle qu'il lui substitue.

« L'année 1783 fut marquée aux deux extrémités de l'Europe par de grandes commotions physiques. C'est en 1783, dans le mois de février, qu'eurent lieu, en Calabre, ces effroyables tremblements de terre qui bouleversèrent le pays de fond en comble, » et causèrent la mort de 40 000 personnes. « Cette même année, mais plus tard, le mont Hécla (3), en Islande, fit une des plus grandes éruptions dont les annales de la météorologie aient conservé le souvenir... Faudrait-il donc s'étonner qu'au milieu d'un pareil désordre des éléments, des matières gazeuses d'une nature inconnue fussent sorties des entrailles de la terre? A défaut des effluves terrestres, on pourrait se demander avec Franklin, si le brouillard sec de 1783 n'était pas tout

(1) *Astr. popul.*, t. III, p. 143.

(2) Cette hypothèse a été reprise cette année pour expliquer nos crépuscules. Elle se trouvait réfutée d'avance dans l'*Astronomie populaire.* Au reste l'auteur de cette conjecture l'a rendue plus invraisemblable encore en basant ses raisonnements sur plusieurs suppositions inexactes, La grande comète de 1882 n'est pas celle de 1880 ni celle de 1843 ; si elle a éprouvé des perturbations pendant son passage à travers l'atmosphère solaire, ces perturbations ont été très faibles ; elle n'a pu revenir à la fin de l'année 1883, et encore moins se précipiter sur le soleil pour s'y consumer en flammes de Bengale. Voir *Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1884, p. 243.

(3) Arago confond ici l'Hécla avec le Skaptar Joekull ; voir l'*Astron. popul.*, t. III, pp. 142 et 143. — L'année 1783 fut très féconde en éruptions volcaniques ; citons, entre autres, celle de l'*Asama Yama*, volcan du Japon, une des plus formidables que l'histoire ait enregistrée; voir K. Fuchs, *Les Volcans* p. 234 ; Arago, *Astron. popul.*, t. III, p. 150 ; *Transact. of the Asiatic Society of Japan*, t. VI, 2e partie, p. 327.

simplement le résultat de la dissémination générale, opérée par les vents, de ces épaisses colonnes de fumée que l'Hécla projeta dans les airs pendant tout l'été (1). »

Cette hypothèse nous paraît bien la plus probable. La concordance des dates, la propagation du phénomène qui atteint tout d'abord le Danemark et l'Angleterre, l'intensité, plus considérable qu'en 1883, de l'absorption des rayons solaires dans nos régions bien plus rapprochées de l'Islande que de Krakatau, tout cela ne nous autorise-t-il pas à voir, dans la coïncidence des crépuscules de 1783 et de l'éruption du Skaptar Joekull, autre chose qu'un effet du hasard ?

Nous pourrions sans doute, en fouillant les annales de la météorologie, trouver d'autres rapprochements analogues (2). Ceux-ci suffisent pour transformer en argument l'objection tirée des crépuscules de 1831. Ils ont été précédés, comme ceux de 1783 et de 1883 par des éruptions volcaniques violentes, qui ont lancé dans l'atmosphère des torrents de vapeur d'eau et une quantité considérable de poussières solides.

Mais comment expliquer que ces poussières aient pu demeurer pendant si longtemps en suspension dans l'atmosphère ?

Cette explication fût-elle difficile, le fait n'en est pas moins constaté par l'expérience. Faraday a vu des poussières solides rester en suspension, dans des liquides et des gaz, pendant plus de six mois. La seule condition re-

(1) *Astr. pop.*, t. II, p. 472 et suiv.

(2) Voir : *Nature*, dec. 20, 1883, pp. 177, 180 ; (Éruption du Vésuve, en 1862). — Sur les crépuscules de 1821 : Arago, *Œuvres*, II, (Mém. scient. II) p. 651, et les *Annals of Philosophy*, t. II. — Nous lisons aussi dans le *Français* du 30 décembre 1883 : « Un travail spécial vient d'être fait à l'Observatoire au sujet des fameuses lueurs rouges du couchant. Or, en classant ce travail, on a découvert dans les archives, des notes mentionnant que pareil phénomène avait eu lieu en 1792. » — *American Journal of science and arts*, vol. XXXIII, 2e série, p. 276. (Éruption du Cotopaxi, en 1856 ; pluie de poussières et lueurs rouges).

quise est que ces poussières soient d'une extrême petitesse.

Et de fait, si paradoxale que puisse paraître à première vue cette affirmation, une poussière de faible densité et très ténue doit rester très longtemps en suspension dans l'atmosphère. Son poids, qui la sollicite à tomber, dépend de son volume ou du cube de son diamètre ; la résistance qu'elle éprouve de la part du milieu ambiant, et qui l'empêche de descendre, est proportionnelle à sa surface, ou au carré de son diamètre ; quand ce diamètre devient très petit, le volume diminue bien plus rapidement que la surface ; et il arrive un moment où la sollicitation à la chute et la résistance que le milieu oppose au moindre mouvement se balancent ou à très peu près.

Au reste, quand il s'agit de poussières lancées par un volcan, les actions électriques peuvent entrer en ligne de compte. Cette idée très juste a été mise récemment en avant par MM. Preece et Crookes (1). D'après ces physiciens, si la matière lancée par le volcan est électrisée négativement, supposition conforme aux observations de M. Michie Smith rapportées plus haut, elle sera repoussée par la terre, se dispersera sur des espaces d'autant plus étendus qu'elle est plus abondante, et pourra rester en suspension dans l'air pendant une période très longue. Cette affirmation n'est pas une simple hypothèse. Dans un mémoire lu à la Société royale de Londres, en 1879, M. Crookes rapporte des expériences, réalisées par lui, où de petits corps solides électrisés, placés dans un milieu raréfié, n'ont cessé de se repousser, sans rien perdre de leur charge électrique, pendant treize mois.

Est-il bien difficile maintenant de concevoir comment ces nuages de poussière et de vapeur ont été dispersés dans les régions supérieures de l'atmosphère, et emportés

(1) *Nature*, déc. 20, 1883, p. 180.

au loin par les courants atmosphériques ? Nous avons vu que toute une série d'observations crépusculaires, faites dans la mer des Indes, se rangent dans un fuseau allongé, dont l'axe part du détroit de la Sonde pour passer au sud de Madagascar, et coïncide avec la trajectoire d'un cyclone. Le transport des débris du Krakatau vers le Japon s'explique parfaitement par la mousson du sud-ouest qui régnait alors dans ces parages. Leur arrivée à des latitudes élevées exige que la force de l'éruption ait été suffisante pour lancer ces matières jusque dans la région des alizés supérieurs. Il n'est pas douteux qu'il en ait été ainsi. Ce fait, au reste, a été souvent constaté ; on en trouve des exemples, devenus classiques, dans les ouvrages de météorologie (1). C'est donc l'alizé supérieur qui nous aurait apporté les vapeurs et les poussières parties de Krakatau.

Je voudrais placer ici une conjecture. On sait que les nuages, suivant leur nature, ont une tendance à flotter à des niveaux déterminés ; et, d'après les observations citées plus haut de M. Langley, il semble également en être ainsi des particules solides. Supposons que les vapeurs et les poussières lancées par le Krakatau se soient comportées de cette manière. Imaginons donc cette couche absorbante, marchant au-dessus des nuages en s'éparpillant. Peu à peu le courant qui se porte vers nous dévie vers l'ouest, et descend vers la terre. Quand il atteint nos latitudes, il forme, pour ainsi dire, au-dessus de nos têtes, une voûte vaporeuse, se relevant vers le sud-est. Au moment où cette voûte produit à l'horizon l'illumination crépusculaire par l'absorption et la dispersion des rayons solaires qui la traversent, dans ses parties les plus hautes elle réfléchit ces lueurs normalement à sa surface, et rejette

(1) *Les Mouvements de l'atmosphère*, par Marié-Davy, p. 200. — *La Loi des tempêtes*, par H. W. Dove, p. 32.

ainsi leur foyer vers le sud-est. Comme elle n'est pas continue ni partout également dense, comme elle a pu être déchirée par les courants ascendants et descendants qui se jouent dans l'atmosphère, il peut se faire qu'elle ne disperse pas assez la lumière du soleil pour donner lieu, au moment même du coucher de cet astre, aux colorations crépusculaires qui se manifesteront plus tard, quand le soleil se sera plongé plus profondément sous l'horizon, et que ses rayons la traverseront sous une plus grande épaisseur. Enfin, si des nuages encombrent l'horizon, tous ces phénomènes lumineux ne se produiront pas moins derrière ce rideau de brume ; et nous pourrons les entrevoir par transparence ou à travers les éclaircies du ciel.

Je le répète, ce ne sont là que des conjectures ; mais elles aident à concevoir, jusqu'à un certain point, le rejet du maximum d'éclat des lueurs crépusculaires à la gauche du plan vertical passant par le soleil, le retard souvent constaté du commencement de ces illuminations sur l'heure du coucher du soleil, et d'autres particularités moins importantes signalées parfois par les observateurs.

Reste enfin une série d'observations qui soulèvent une difficulté qu'on prétend insoluble contre la théorie volcanique. On se rappelle que les premières observations, celles qui ont suivi immédiatement l'éruption de Krakatau, se rangent toutes sur une ligne droite partant du détroit de la Sonde et passant par les Seychelles, la Côte d'Or, la Trinité et Panama, pour aboutir à Honolulu, où les phénomènes crépusculaires commencent le 5 septembre. Est-il possible d'admettre, nous dit-on, que les matières lancées par le Krakatau aient franchi une telle distance du 27 août au 5 septembre?

Pour répondre à cette objection, il en est qui n'ont pas hésité à admettre l'existence d'un courant atmosphérique supérieur, marchant de l'est à l'ouest avec la vitesse des

ouragans, au-dessus de la zone des calmes. Cette supposition est commode ; mais elle ne repose, croyons-nous, sur aucun fondement sérieux. Nous l'abandonnons d'autant plus volontiers qu'elle nous paraît inutile.

L'objection, en effet, repose sur une supposition inexacte ou, au moins, toute gratuite. L'éruption de Krakatau *a fini* le 27 août ; mais elle avait commencé le 20 mai, et elle était certainement en pleine vigueur le 21 août. Rien ne nous oblige à admettre que les matières absorbantes qui ont atteint Honolulu le 5 septembre soient sorties du volcan le 27 août. Les dernières ont pu pousser devant elles celles qui les avaient précédées dans les régions élevées de l'atmosphère.

Cette supposition est conforme aux faits observés, puisqu'elle explique, de la manière la plus naturelle, la reprise des illuminations crépusculaires, à Madras, le 22 septembre, à Honolulu le 15 décembre, etc., après qu'elles avaient cessé presque complètement.

Quant au transport de ces poussières et de ces vapeurs de l'est à l'ouest, il se conçoit facilement. L'atmosphère entière participe au mouvement de rotation de notre planète ; elle tourne, pour ainsi dire, d'une pièce avec la terre. Les molécules d'air des régions supérieures, dans le plan de l'équateur, par exemple, marchent donc, de l'ouest à l'est, avec une vitesse plus grande que les points correspondants de la surface terrestre. Cette différence de vitesse est d'autant plus considérable que ces couches d'air sont plus élevées. Il s'ensuit que les produits volcaniques, transportés subitement des entrailles de la terre vers les limites de l'atmosphère, y arrivent avec une vitesse de translation, de l'ouest à l'est, moindre que celle du milieu raréfié qui les entoure. Ils resteront donc *en retard* sur le mouvement de rotation de la terre, et se transporteront par conséquent de l'est à l'ouest.

Quel que soit le sort que l'avenir réserve à la conception que je viens d'exposer, on peut dire que, pour le moment, elle réussit mieux que toute autre à coordonner les faits observés, à les interpréter d'une façon suffisamment simple, et à les rattacher aux observations du passé. C'est tout ce qu'on peut exiger, pour accorder droit de cité à une explication scientifique.

J. Thirion, S. J.

LES TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

JOSEPH PLATEAU (1)

II

RECHERCHES SUR LES FIGURES D'ÉQUILIBRE D'UNE MASSE LIQUIDE SOUSTRAITE A L'ACTION DE LA PESANTEUR.

Parmi les questions les plus intéressantes de la physique moléculaire, celle de la forme que prend une masse liquide soumise exclusivement à l'action de ses forces intérieures occupe un des premiers rangs. Plus d'un quart de siècle avant les recherches de Joseph Plateau, Laplace avait montré, dans sa théorie des phénomènes capillaires, que la surface libre d'une masse liquide, placée dans ces conditions, devait avoir partout la même courbure moyenne. De toutes les surfaces fermées de révolution, la surface de la sphère est la seule qui jouisse de cette propriété. Il en résulte qu'une masse liquide, soustraite à toute influence extérieure, doit nécessairement se rassembler en sphère.

La vérification expérimentale de cette conclusion de l'analyse mathématique a été le point de départ d'une série de recherches extrêmement importantes, qui ont donné à

(1) Voir la livraison précédente.

Joseph Plateau, dans le monde savant, une réputation justement méritée (1). Pour faire cette vérification, il fallait neutraliser par quelque moyen l'action de la pesanteur dans la masse liquide soumise à l'expérience. Plateau eut l'heureuse idée de faire servir, à cet effet, la poussée que l'action même de la pesanteur détermine, au sein des liquides, sur les corps qui y sont plongés.

« Les huiles grasses sont, comme on sait, moins denses que l'eau, et plus denses que l'alcool. D'après cela, on peut faire un mélange d'eau et d'alcool, ayant une densité précisément égale à celle d'une huile donnée, de l'huile d'olive, par exemple. Or, si l'on introduit, dans le mélange ainsi formé, une quantité quelconque d'huile d'olive, il est évident que l'action de la pesanteur sur cette masse d'huile se trouvera complètement détruite; car, en vertu de l'égalité de densité, l'huile ne fera que tenir la place d'une masse égale du liquide ambiant. D'une autre part, les huiles grasses ne se mêlent pas avec une liqueur composée d'alcool et d'eau. La masse d'huile devra donc demeurer suspendue et isolée au milieu du liquide environnant, et elle sera parfaitement libre de prendre la forme extérieure que lui assigneront les forces qui peuvent agir sur elle.

» Cela posé, si les attractions moléculaires de l'huile pour elle-même, celles du mélange alcoolique pour lui-même, et celles de ce mélange pour l'huile étaient identiques, il n'y aurait pas de raison pour que la masse d'huile, abandonnée au milieu du liquide ambiant, prît spontanément une figure plutôt qu'une autre, puisqu'elle serait, relativement à toutes les forces qui agissent sur elle, exactement dans le même cas qu'une masse égale de mélange alcoolique dont elle occuperait la place. Mais il est évident

(1) Ces recherches ont été publiées dans les Mémoires de l'Académie royale de Belgique de 1843 à 1868 ; elles sont divisées en onze séries.

A la fin de sa vie, Plateau en a fait une édition comprenant deux volumes, grand in-8. Cette édition a pour titre : *Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires.*

que cette identité entre les diverses forces attractives n'a pas lieu, et que l'attraction de l'huile pour elle-même l'emporte de beaucoup sur les deux autres. La masse d'huile devra donc obéir à cet excès de forces attractives propres. »

On arrive ainsi à cette conclusion, que la masse d'huile immergée dans le mélange alcoolique peut être assimilée à une masse liquide sans pesanteur, suspendue librement dans l'espace, et soumise à ses propres attractions moléculaires.

Or nous avons dit qu'une pareille masse doit prendre nécessairement la forme sphérique. L'expérience montre qu'il en est réellement ainsi. La masse d'huile dont il s'agit reste suspendue au milieu du liquide alcoolique, et prend, quel que soit son volume, la forme d'une sphère parfaite.

Pour être entièrement satisfaisante, cette constatation expérimentale exige que l'on prenne certaines précautions.

On doit d'abord former un mélange d'eau et d'alcool ayant aussi exactement qu'il est possible une densité égale à celle de l'huile d'olive. Cette condition est remplie lorsqu'un globule d'huile, introduit au sein de la liqueur à l'aide d'un petit entonnoir à long col, demeure suspendu, et ne manifeste aucune tendance à monter ou à descendre.

Après cela, il faut faire pénétrer dans le milieu alcoolique la masse d'huile destinée à l'expérience. A cet effet, on se sert de l'entonnoir à long col dont il vient d'être question. On le fait pénétrer jusqu'à une certaine profondeur dans la liqueur alcoolique; puis, le laissant reposer sur le goulot du flacon qui renferme le mélange, on verse l'huile avec assez de lenteur. Alors si le mélange alcoolique est exactement dans les proportions requises, l'huile forme, à l'extrémité du col de l'entonnoir, une sphère dont le volume augmente graduellement à mesure que l'on ajoute du liquide. Lorsque la sphère a atteint le volume que l'on désire, on retire avec précaution l'entonnoir ; la sphère qui y adhère s'élève avec lui vers la surface de la liqueur, et

l'huile qu'il contient encore s'ajoute au liquide précédent. « Enfin, lorsque la sphère est près d'atteindre la surface du mélange alcoolique, une petite secousse la détache de l'entonnoir.

Ordinairement le mélange n'a pas, aussi exactement que nous venons de le supposer, la densité de l'huile d'olive. On voit alors « se former plusieurs sphères successives qui se détachent l'une après l'autre du bec de l'entonnoir, pour descendre lentement au fond du flacon, ou pour s'élever à la surface de la liqueur alcoolique. » Dans ce cas, il faut commencer par réunir toutes les sphères en une seule. Pour cela, on introduit dans l'une d'elles l'extrémité d'un fil de fer. L'adhérence que l'huile contracte avec le métal, « permet alors de conduire avec facilité dans le liquide ambiant la sphère dont il s'agit, et de l'amener à se confondre avec une seconde sphère. » Cette réunion se fera facilement, si on a soin de faire pénétrer aussi l'extrémité du fil métallique dans la deuxième sphère. En continuant ce manège, on parvient bientôt à réunir toutes les sphères en un sphère unique. Alors, selon que la sphère totale demeure au fond de la liqueur ou à la surface, on ajoute avec précaution une certaine quantité d'eau ou d'alcool, et on agite lentement le mélange jusqu'à ce que la sphère d'huile se tienne parfaitement en équilibre au sein de la liqueur. Après ces opérations, si le flacon employé est à parois planes, on a devant les yeux le magnifique « spectacle d'une masse considérable de liquide présentant la forme d'une sphère parfaite, et imitant, en quelque sorte, une planète suspendue dans l'espace. » Le diamètre de cette sphère peut être porté aisément jusqu'à six ou sept centimètres.

Quand on réalise pour la première fois cette expérience, on est étonné de voir que l'équilibre, d'abord bien établi, ne tarde pas à se rompre : « au bout de quelques minutes, on voit la sphère quitter sa place, et s'élever avec une extrême lenteur vers la partie supérieure du liquide. » Si l'on ajoute alors un peu d'alcool pour rétablir l'équilibre,

en opérant le mélange comme il a été dit ci-dessus, « cet équilibre est encore rompu de la même manière au bout d'un certain temps. » Enfin ce n'est qu'en continuant « pendant quelques jours à le maintenir par l'addition successive de petites quantités d'alcool, que l'on finit par obtenir un équilibre permanent. » Cette rupture d'équilibre est due à une action chimique entre l'huile et le mélange alcoolique. On l'évite en n'employant que des liquides qui ont déjà exercé l'un sur l'autre toute l'action dont ils sont capables.

A toutes ces précautions, il faut encore en ajouter une autre. Pour que l'équilibre obtenu se maintienne, il est nécessaire que la température de l'appareil reste constante. En effet, les changements de température déterminent dans les liquides des variations inégales de densité ; on voit la sphère d'huile descendre, lorsque la température monte, et, par un phénomène inverse, on la voit monter, lorsque la température descend. L'influence du plus petit changement dans les densités se fait tellement sentir au sein de l'appareil, que la simple application de la main sur le vase suffit à faire descendre la sphère.

Supposons maintenant que nous ayons devant nous une belle sphère d'huile en équilibre dans le milieu alcoolique, et tâchons de la soumettre à d'autres forces que ses attractions propres. La première idée qui se présente, dit Plateau, c'est d'essayer l'action de la force centrifuge. Pour cela, il faut imprimer à la sphère un mouvement de rotation autour d'un de ses diamètres. On y parviendra en introduisant dans la sphère un petit disque métallique traversé au centre et perpendiculairement à son plan, par un axe un peu long. On fera tourner l'axe sur lui-même par le moyen d'une manivelle reposant sur le couvercle du vase : le disque tournera en même temps que l'axe ; il entraînera l'huile par frottement, et bientôt toute la masse liquide sera en rotation.

Toute simple que paraisse cette manière d'opérer, sa

réalisation n'est pas néanmoins sans présenter quelques difficultés. Il s'agit, en effet, d'introduire le disque dans la sphère de façon que les deux centres coïncident sensiblement et que le système occupe dans le vase la position exigée par le mouvement de la manivelle. Plateau parvient à satisfaire à ces deux conditions de la manière suivante.

Avant d'introduire le disque dans le vase, il faut s'efforcer, dit-il, « d'amener le centre de la sphère à se maintenir à la hauteur que doit avoir celui du disque. Il serait extrêmement difficile d'y parvenir en suspendant une sphère dans un mélange alcoolique homogène, comme nous l'avons supposé jusqu'ici : car alors il n'y a pas de raison pour que la sphère ne se tienne pas plus haut ou plus bas; et quand même le hasard la placerait exactement à la hauteur voulue, les mouvements que l'on produirait en introduisant le disque, changeraient bien probablement cette hauteur. Il faut donc employer un procédé plus sûr.

» On commence par faire en sorte que le mélange alcoolique contienne un petit excès d'alcool. » Puis « on ajoute avec précaution une certaine quantité d'un mélange moins chargé d'alcool, et marquant seulement 16 degrés à l'aréomètre de Beaumé. Celui-ci, en vertu de son excès de densité, descend au fond du vase, où il s'étend en couche horizontale. Alors on introduit l'huile, qui, à cause du petit excès d'alcool que renferme le mélange supérieur, descend à travers ce dernier, et vient, soit en une seule masse, soit en plusieurs masses partielles, se poser sur la couche plus dense du mélange inférieur. Cela étant, on réunit, s'il y a lieu, les sphères isolées en une seule; puis, à l'aide d'une baguette en verre, on agite la liqueur avec précaution, de manière à mêler imparfaitement la couche du fond avec les couches plus élevées, mais sans diviser la masse d'huile, et on laisse ensuite reposer le système. On voit qu'il doit résulter de là, dans la liqueur alcoolique, un état de densité croissante à partir des couches supérieures moins

denses que l'huile, jusqu'aux couches inférieures plus denses que cette même huile, et que, par conséquent, la masse d'huile devra se tenir en équilibre stable selon la verticale, dans une certaine couche dont la densité moyenne est égale à la sienne.

» A la vérité, dans la rigueur géométrique, cette masse d'huile ne peut plus être alors tout à fait sphérique : elle doit être aplatie d'une petite quantité dans le sens vertical ; mais si l'on a opéré de manière que l'accroissement des densités soit très faible à la hauteur où se tient l'huile, et l'on obtient aisément ce résultat par des tâtonnements convenables, l'aplatissement dont il s'agit est complètement insensible à l'œil, et la masse paraît exactement sphérique. »

Cela fait, on mouille d'huile le disque, aussi bien que l'axe qui le traverse, et après avoir introduit, avec lenteur, le petit système métallique dans le mélange d'eau et d'alcool, on fait pénétrer le disque par la tranche dans l'intérieur de la masse d'huile. Grâce à la petite couche huileuse dont le disque a été préalablement revêtu, cette partie de l'opération s'exécute sans difficulté. La sphère liquide enveloppe le disque de toutes parts, et, « ce qu'il y a de plus remarquable, elle se place d'elle-même peu à peu, de telle manière que l'axe du disque la traverse selon un diamètre. Cet effet est dû évidemment à l'action attractive de cet axe, ou plutôt de la couche d'huile dont il a été mouillé, action qui tend à s'exercer d'une manière symétrique tout autour de lui, et amène ainsi la sphère d'huile tout entière dans une position symétrique par rapport à ce même axe. Maintenant on voit que le centre de la sphère tendant, d'une part, à demeurer à la hauteur de celui du disque à cause de la superposition des couches alcooliques de densité inégale, et, d'une autre part, à se placer dans l'axe du disque à cause de la symétrie des actions attractives exercées par celui-ci sur l'huile, le centre de la sphère et celui du disque se confondront, et

demeureront ainsi dans une position stable. Seulement la sphère sera alors légèrement allongée dans le sens vertical, par l'attraction de l'axe du disque ; mais cet allongement est fort peu de chose si la sphère présente, comme nous l'avons supposé, un diamètre de six centimètres. »

Lorsque le centre de la sphère et le centre du disque ont été ainsi amenés à coïncider dans l'espace, on fait tourner le disque à l'aide de la manivelle. On voit alors la sphère s'aplatir aux pôles et se renfler à l'équateur, et réaliser ainsi en petit ce que l'on admet avoir eu lieu pour les planètes.

La manivelle repose,comme nous l'avons dit, sur le couvercle du vase. Le disque peut avoir 35 millimètres en diamètre, et l'axe un millimètre et demi d'épaisseur. L'un et l'autre sont en fer. On choisit le fer de préférence au cuivre parce que, malgré le contact prolongé de l'huile, le fer ne salit pas ce liquide comme le ferait le cuivre.

« Pour observer dans toute sa beauté le phénomène dont nous nous occupons, il faut d'abord donner à la manivelle une vitesse très petite, comme d'un tour en cinq ou six secondes ; les effets sont déjà alors très prononcés. Si l'on emploie ensuite une vitesse un peu plus grande, par exemple d'un tour en quatre secondes, l'aplatissement selon l'axe et le renflement à l'équateur se montrent plus considérables, et ils augmentent encore en portant la vitesse de la manivelle à un tour en trois secondes.

» Maintenant, si au lieu de mouvoir lentement la manivelle on lui donne une vitesse assez considérable, comme de deux à trois tours par seconde, on voit se manifester des phénomènes nouveaux et bien curieux. La sphère liquide prend d'abord rapidement son maximum d'aplatissement, puis se creuse en dessus et en dessous autour de l'axe de rotation, en s'étendant toujours dans le sens horizontal, et enfin, abandonnant le disque, se transforme en un anneau parfaitement régulier.

» Cet anneau est arrondi sur son épaisseur, et semble

avoir pour section génératrice un cercle. Au moment de sa formation, il augmente rapidement de diamètre jusqu'à une certaine limite; dès que celle-ci est atteinte, il faut cesser le mouvement du disque. L'anneau alors se maintient pendant quelques secondes dans le même état; puis, la résistance du liquide ambiant affaiblissant son mouvement de rotation, il revient sur lui-même et se transforme de nouveau en sphère autour du disque et de son axe. »

Une particularité singulière accompagne la formation de l'anneau. Ce dernier reste d'abord uni au disque par une pellicule d'huile extrêmement mince; « mais, à l'instant où, l'anneau ayant atteint son plus grand développement, on cesse de faire mouvoir le disque, cette pellicule se rompt et disparaît d'elle-même, et l'anneau demeure alors parfaitement isolé. » La pellicule exerce une traction assez considérable sur la partie intérieure de l'anneau, car, « si l'on arrête le mouvement du disque un peu trop tôt, c'est-à-dire un peu avant que l'anneau ait atteint son maximum de diamètre, » la lame mince « ne se rompt pas, et l'anneau revient alors sur lui-même avec une rapidité bien plus grande » que lorsque la rupture a eu lieu et que l'anneau est demeuré isolé. Tant que dure la traction de la pellicule, l'anneau est assez fortement aplati; mais dès que la rupture s'est produite, « l'aplatissement s'efface, et la section génératrice devient, comme nous l'avons dit, sensiblement circulaire. »

Le phénomène de l'anneau liquide rappelle naturellement l'anneau de Saturne. Le tension de la pellicule y tient la place de l'attraction du corps de la planète sur l'anneau planétaire qui l'entoure. Il est bien vrai que, eu égard aux autres dimensions, l'épaisseur de l'anneau de Saturne est beaucoup moins considérable que celle que l'on observe dans l'anneau liquide; mais cette exagération de l'aplatissement dans l'anneau planétaire ne doit pas être attribuée à une autre cause qu'à l'intensité de la force centrifuge, relativement beaucoup plus grande sur l'anneau planétaire

que sur l'anneau liquide. Si « au lieu de cesser le mouvement du disque à l'instant où l'anneau a atteint son plus grand développement, » on continue à mouvoir la manivelle, on voit alors, au bout de quelque temps, la pellicule d'huile se rompre, « l'anneau perdre sa régularité, puis se diviser en plusieurs masses isolées, dont chacune prend aussitôt la forme sphérique. » Plusieurs de ces sphères possèdent, immédiatement après leur formation, « un mouvement de rotation sur elles-mêmes, mouvement qui a constamment lieu dans le même sens que celui de l'anneau. En outre, comme l'anneau, à l'instant de sa rupture, avait encore un reste de vitesse, les sphères auxquelles il a donné naissance tendent à s'échapper suivant la tangente ; mais comme, d'un autre côté, le disque en tournant dans la liqueur alcoolique, a imprimé à celle-ci un mouvement de rotation, les sphères sont surtout entraînées par ce dernier mouvement, et tournent pendant quelque temps autour du disque. Celles qui tournent en même temps sur elles-mêmes présentent alors le curieux spectacle de planètes tournant à la fois sur elles-mêmes et dans leur orbite. »

Enfin, un autre effet bien intéressant « se manifeste encore dans ces circonstances : outre trois ou quatre grosses sphères dans lesquelles se résout l'anneau, il s'en produit presque toujours une ou deux très petites, qui peuvent ainsi être comparées à des satellites.

» L'expérience que nous venons de décrire, offre, comme on voit, en petit, une image de la formation des planètes, selon l'hypothèse de Laplace, par la rupture des anneaux cosmiques dus à la condensation de l'atmosphère solaire.

» La formation d'un anneau analogue à celui de Saturne inspire naturellement le désir de pousser plus loin la ressemblance avec le système de cette planète, et de chercher si, » par quelque modification de l'expérience, « il ne serait pas possible de faire en sorte qu'une sphère d'huile demeurât au milieu de l'anneau. »

Joseph Plateau est, en effet, parvenu à réaliser ce nouveau phénomène. « Seulement il ne faut voir », dans l'expérience que nous allons décrire, « qu'un simple jeu scientifique : car les circonstances qui donnent naissance au résultat, n'ont évidemment aucune analogie avec celles qui ont pu amener la configuration du système de Saturne. » A l'aide de poulies, on donne à l'axe du disque une vitesse de 15 tours environ par seconde. On voit alors se former un anneau, « qui s'étend en laissant dans son milieu une masse d'huile à laquelle il demeure uni par une mince pellicule. A l'instant où l'anneau a atteint un développement suffisant, et l'habitude seule apprend à bien juger de cet instant, on cesse brusquement la rotation. » A ce moment, « la pellicule se rompt, l'anneau demeure complètement isolé, et la masse centrale se forme en sphère. On a ainsi, pendant quelques instants, une curieuse représentation du système de Saturne, à l'aplatissement de l'anneau près. L'anneau revient ensuite rapidement sur lui-même, et s'unit de nouveau à la sphère centrale. »

Dans cette expérience, le diamètre de la sphère d'huile étant toujours de six centimètres environ, il convient de ne donner au disque qu'un diamètre de deux centimètres ; de plus, le centre du disque ne doit pas coïncider avec celui de la sphère, mais être placé plus bas.

On ne peut pas nier qu'il n'y ait une analogie frappante entre les figures d'équilibre que prend la masse d'huile en rotation dans les diverses expériences exécutées par Joseph Plateau, et les apparences semblables que l'on rencontre dans le système planétaire. Mais ce serait une erreur de croire que les deux groupes de phénomènes ne sont pas séparés l'un de l'autre par des différences essentielles.

En effet, les attractions mutuelles d'élément à élément qui donnent aux masses planétaires en mouvement de rotation leur figure définitive, concurremment avec la

force centrifuge, sont celles que les dernières parties de la matière exercent les unes sur les autres à toute distance sensible. La loi qui régit ces attractions est la loi, dite newtonienne, de la raison directe du produit des masses et de la raison inverse du carré de la distance. Dans les expériences de Joseph Plateau, au contraire, les actions attractives élémentaires qui s'exercent à distance sensible, ne produisent aucun effet appréciable ; l'équilibre de la masse liquide est dû à la force centrifuge et aux attractions mutuelles des éléments du liquide agissant les uns sur les autres, dans les limites très étroites de ce qu'on est convenu d'appeler leur sphère d'activité moléculaire. La loi qui régit ces dernières attractions est différente de la loi newtonienne, du moins dans la partie de son expression analytique qui caractérise l'influence de la distance. Cette diversité d'action dans les forces entraîne nécessairement des différences corrélatives dans les formes d'équilibre. Il ne sera pas inutile d'indiquer ici brièvement les principaux résultats obtenus, sur ce sujet, par les géomètres : leur énoncé fera mieux saisir au lecteur la portée véritable des recherches expérimentales de notre illustre compatriote.

Dans l'état actuel de l'analyse mathématique, on n'est pas encore parvenu à déterminer, d'une manière générale, les diverses figures d'équilibre que peut prendre une masse fluide dont les éléments s'attirent mutuellement suivant la loi newtonienne, et tournent uniformément autour d'un axe fixe avec une vitesse angulaire commune. On s'est borné jusqu'ici à constater la possibilité de certaines formes particulières. C'est ainsi que l'on a pu démontrer, par exemple, que pour toute vitesse de rotation comprise entre zéro et une valeur limite assignée par le calcul, il y a trois formes ellipsoïdales, satisfaisant chacune à l'équilibre de la masse fluide : un ellipsoïde à trois axes inégaux et deux ellipsoïdes de révolution.

L'ellipsoïde à trois axes diffère notablement de la sphère. Il n'est pas possible d'admettre, par conséquent, que cette

figure soit celle d'aucun des corps de notre système planétaire. Mais on peut très bien croire que, dans la multitude presque infinie des étoiles, il s'en trouve quelques-unes qui ont pris cette forme d'équilibre, et que c'est à ce défaut de symétrie dans la figure qu'il faut attribuer peut-être la périodicité de leur éclat.

Les ellipsoïdes de révolution sont tous deux des ellipsoïdes aplatis. Lorsque la vitesse de rotation tend vers zéro, un de ces ellipsoïdes s'aplatit de plus en plus, tandis que l'autre tend vers la forme sphérique.

Quand la vitesse de rotation de la masse fluide dépasse la valeur limite mentionnée ci-dessus, l'ellipsoïde à trois axes inégaux cesse de constituer une figure d'équilibre : les deux ellipsoïdes de révolution subsistent seuls. Pour une vitesse de rotation égale à une deuxième valeur limite indiquée également par l'analyse, les deux ellipsoïdes de révolution se confondent en un. Lorsque la vitesse de rotation est supérieure à cette dernière valeur limite, l'équilibre de la masse est impossible avec une figure elliptique.

Il résulte de ces données de l'analyse que les figures d'équilibre des masses fluides en rotation sont nécessairement des ellipsoïdes aplatis, toutes les fois qu'elles sont peu différentes de la sphère.

Les géomètres ont traité encore le même problème à un autre point de vue. « Dans la question de l'équilibre d'une masse liquide, la véritable donnée physique dont il faut partir n'est pas la vitesse, mais plutôt le moment de rotation ou, autrement dit, la somme des aires décrites sur le plan de l'équateur par les projections des rayons vecteurs menés du centre de gravité à chacune des molécules égales du système. Les causes qui ont agi primitivement sur le liquide n'ont pas dû, en effet, lui communiquer un simple mouvement de rotation autour d'un axe fixe; il y a eu naturellement à l'origine des mouvements irréguliers autour du centre de gravité ; ce n'est qu'au bout d'un certain temps que ces mouvements irréguliers auront disparu, par suite

des frottements mutuels des diverses parties du liquide. » Si, par le centre de gravité de la masse, « on conçoit un plan par rapport auquel la somme des aires décrites soit à l'origine du mouvement un maximum, ce plan, en vertu d'un principe connu, jouira constamment de cette propriété, quelle que soit la manière dont les molécules agissent les unes sur les autres, soit par leur ténacité, soit par leur attraction et leur choc mutuel. Ainsi, lorsque, après un grand nombre d'oscillations, la masse fluide prendra un mouvement de rotation uniforme autour d'un axe fixe, cet axe sera perpendiculaire au plan dont nous venons de parler. » De plus, la somme des aires décrites sur ce plan se sera conservée telle qu'elle était d'abord. « Cette somme d'aires décrites établit donc seule quelque liaison entre l'état primitif du système et son état final ; seule elle reste constante, inaltérable, au milieu des changements successifs que le liquide éprouve avant d'acquérir une figure permanente (1). »

Quand on prend pour donnée primitive, dans la question de la figure d'équilibre d'une masse fluide en mouvement sur elle-même, le moment de rotation au lieu de la vitesse, on est conduit aux conclusions suivantes :

Pour toute valeur du moment de rotation, il y a une figure ellipsoïdale de révolution qui convient à l'équilibre de la masse, et il n'y en a qu'une seule. Lorsque le moment de rotation est supérieur à une certaine valeur limite que le calcul détermine, outre la figure ellipsoïdale de révolution, la masse peut prendre comme figure d'équilibre celle d'un ellipsoïde à trois axes inégaux. Toutes les fois que le moment de rotation est inférieur à cette limite, la figure ellipsoïdale de révolution subsiste seule.

Si le moment de rotation est infiniment grand, l'ellipsoïde à trois axes « offre l'apparence d'une longue aiguille très mince et à peu près ronde. » A mesure que le moment

(1) *Journal de mathématiques pures et appliquées*, t. XVI, pp. 243 et 244.

de rotation diminue, la longueur de l'aiguille diminue également, « et en même temps la section principale circulaire qu'elle nous offrait dans le sens perpendiculaire acquiert une excentricité de plus en plus considérable. »

Cette section principale est elliptique ; son petit axe est le petit axe de l'ellipsoïde, et son grand axe en est l'axe moyen. Lorsque le moment de rotation diminue, le petit axe de l'ellipsoïde augmente ; « mais l'axe moyen augmente aussi et dans une proportion plus considérable. » Dans les mêmes circonstances, nous l'avons déjà dit, le grand axe de l'ellipsoïde diminue. Pour « la plus petite valeur possible du moment de rotation, l'ellipsoïde se trouve être de révolution autour de son petit axe (1). »

Enfin, et cette dernière remarque, si elle est vraie, est d'une grande importance, l'équilibre caractérisé par la figure ellipsoïdale à trois axes est toujours un équilibre stable (2).

Laplace a fait une étude spéciale des conditions de l'équilibre des anneaux de Saturne, lorsqu'on les considère comme des masses fluides et homogènes. Il faut d'abord leur supposer, dit-il, « un mouvement de rotation autour d'un axe perpendiculaire à leur plan, et passant par le centre de Saturne ; afin que leur pesanteur vers la planète soit balancée par leur force centrifuge due à ce mouvement. » Le calcul analytique de l'éminent géomètre montre ensuite que, si « la largeur de l'anneau est peu considérable par rapport à sa distance au centre de Saturne, l'équilibre du fluide est possible, quand la courbe génératrice est une ellipse dont le grand axe est dirigé vers le centre de la planète. » Alors « la durée de la rotation de l'anneau est à peu près la même que celle de la révolution d'un satellite mû circulairement à la distance du centre de l'ellipse génératrice.

(1) *Journal de mathématiques pures et appliquées*, t. XVI, p. 254.

(2) *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, t. XVI, année 1843, p. 363.

» L'équilibre du fluide subsisterait encore, en supposant l'ellipse génératrice variable de grandeur et de position, dans l'étendue de la circonférence de l'anneau ; pourvu que ces variations ne soient sensibles qu'à des distances beaucoup plus grandes que l'axe de la section génératrice. Ainsi, l'anneau peut être supposé d'une largeur inégale dans ses diverses parties : on peut même le supposer à double courbure. » Ces inégalités « sont même nécessaires pour maintenir l'anneau en équilibre autour de la planète ; car s'il était parfaitement semblable dans toutes ses parties, son équilibre serait troublé par la force la plus légère, telle que l'attraction d'un satellite, et l'anneau finirait par se précipiter sur la planète.

» Les anneaux dont Saturne est environné, sont par conséquent des solides irréguliers d'une largeur inégale dans les divers points de leur circonférence, en sorte que leurs centres de gravité ne coïncident pas avec leurs centres de figure. Ces centres de gravité peuvent être considérés comme autant de satellites qui se meuvent autour du centre de Saturne, à des distances dépendantes des inégalités des anneaux, et avec des vitesses angulaires égales aux vitesses de rotation de leurs anneaux respectifs (1). »

Les conditions de stabilité énoncées par Laplace n'ont pas paru suffisantes à plusieurs géomètres. MM. Hirn, Roche et Clerk-Maxwell veulent que les anneaux de Saturne soient formés d'astéroïdes très nombreux circulant autour de la planète avec des vitesses différentes. Ce qu'aperçoit un observateur qui dirige sa lunette sur le système de Saturne, c'est la surface enveloppe de ces astéroïdes éclairés par le soleil. « Un anneau n'est, à vrai dire, ni solide, ni liquide, ni gazeux, ni même de forme invariable. Il peut se dilater, se rétrécir, s'allonger selon les

(1) *Exposition du système du monde*, 6e édition, 1827, pp. 353 et suiv.

changements de direction relative » des astéroïdes qui le composent (1).

Tels sont les résultats principaux des recherches faites par les géomètres au sujet des figures planétaires.

Tout autres sont les conclusions de l'analyse, dans la question des figures d'équilibre d'une masse liquide en rotation au sein d'un milieu fluide de même densité que la masse. Les forces dont le phénomène dépend sont ici les attractions moléculaires de chaque liquide agissant sur lui-même, l'attraction mutuelle des deux liquides et le système des forces centrifuges développées par la rotation. En supposant que les deux liquides tournent uniformément autour d'un même axe, avec une vitesse angulaire propre, mais d'intensité quelconque, Beer démontra, en 1855, que la figure de la surface de séparation des deux liquides est identiquement ce qu'elle serait si, la gravité étant nulle, le liquide qui tourne le moins vite était remplacé par le vide, et que l'autre liquide tournât avec une certaine vitesse déterminée. Cette conséquence est fort importante pour les expériences de Joseph Plateau, puisqu'elle montre que les figures de révolution de la masse d'huile mise en rotation au sein du liquide alcoolique, sont bien effectivement celles qui conviendraient à une masse liquide sans pesanteur et animée, dans le vide, d'un semblable mouvement.

Les autres conclusions de l'analyse de l'habile géomètre allemand sont les suivantes :

Pour une vitesse de rotation nulle, la ligne méridienne de la masse liquide a la forme circulaire. Cette ligne prend une forme ovale aplatie aux pôles, mais distincte de la forme elliptique, aussitôt que la vitesse de la rotation acquiert une valeur différente de zéro. L'aplatissement s'exagère et la masse liquide s'étend dans le sens équato-

(1) Edouard Roche, *Essai sur la constitution du système solaire*, pp. 64 et 65.

rial, à mesure que la vitesse de rotation augmente. Lorsque cette vitesse atteint dans sa croissance une valeur limite que le calcul fait connaître, la courbure de la ligne méridienne devient nulle aux pôles. « Si la vitesse augmente encore, la courbure en ces mêmes points et jusqu'à une certaine distance, devient concave vers l'extérieur, de manière que la courbe présente alors, sur l'axe, deux sommets tournés l'un vers l'autre. » Nous pouvons nous imaginer que cette modification se prononce davantage, et que les deux sommets en regard viennent se toucher. Beer a donné, à la figure ainsi formée, le nom de figure patelliforme.

En deçà de la limite dont nous venons de parler, à chaque valeur de la vitesse de rotation répond une forme d'équilibre unique. Au delà de cette même limite, à chaque valeur de la vitesse répondent deux formes d'équilibre différentes. Ces formes ont toutes deux des parties concaves autour de l'axe de rotation.

Quand la valeur de la vitesse de rotation coïncide exactement avec la valeur limite, les deux formes d'équilibre sont la figure ovale à courbure nulle aux pôles d'une part, et la figure patelliforme de l'autre.

A mesure que la vitesse de rotation croît, les deux formes mentionnées ci-dessus convergent l'une vers l'autre. Celle dont la ligne méridienne se rapproche davantage de la ligne à courbure nulle aux pôles « va en se creusant dans le sens de l'axe de rotation et en se dilatant dans le sens équatorial, » et l'autre, qui est plus semblable à la figure patelliforme, « va en se dilatant dans le sens de l'axe » et en se contractant « dans le sens équatorial. » Pour une certaine valeur de la vitesse assignée par le calcul les deux formes se confondent.

Lorsque la vitesse de rotation est supérieure à cette dernière valeur, les résultats de l'analyse n'ont pu jusqu'ici recevoir d'interprétation.

Au lieu de prendre, comme donnée primitive du pro-

blème, la vitesse de rotation de la masse liquide, on peut prendre également et avec plus de raison, ainsi qu'il a été dit plus haut, le moment de rotation. Dans ce cas, une figure d'équilibre unique répond à chacune des valeurs du moment, et cette figure passe « de la sphère aux formes de plus en plus aplaties, puis aux formes de plus en plus creusées autour des pôles, jusqu'à celle où les sommets des deux parties concaves viennent se toucher. » Les figures annulaires d'équilibre prennent naissance lorsque la valeur du moment de rotation surpasse celle qui correspond à la dernière forme que nous venons de mentionner (1).

On voit, par ces énoncés, que les figures obtenues par Joseph Plateau sont loin de correspondre entièrement aux formes d'équilibre des grandes masses planétaires.

Après avoir appliqué les procédés ingénieux que nous avons fait connaître à la recherche des figures d'équilibre des masses liquides soustraites à l'action de la pesanteur, lorsque celles-ci sont soumises, soit à la seule influence de leurs forces moléculaires, soit à l'influence combinée de ces forces et de la force centrifuge, Joseph Plateau entreprit d'étudier ces mêmes figures dans des conditions nouvelles. Au lieu de laisser à la masse liquide suspendue sans rotation au sein du mélange alcoolique, la liberté de prendre la figure que ses forces moléculaires lui assignent, Plateau va désormais obliger la masse liquide à adhérer à des systèmes solides. Les figures d'équilibre que prennent, en ces circonstances, les parties de la surface de la masse liquide demeurées libres, offrent un sujet de recherches expérimentales du plus haut intérêt.

On sait, en effet, que les forces figuratrices qui donnent à une masse liquide, soumise à la seule action de ses forces moléculaires, sa forme définitive, émanent d'une couche superficielle très mince ; l'épaisseur de cette couche est

(1) Tous ces résultats de l'analyse de Beer ont été consignés par Joseph Plateau, dans la dixième série de ses recherches. Cette série fait partie du tome XXXVII des *Mémoires de l'Académie royale de Belgique*.

égale au rayon d'activité de l'attraction moléculaire. Chacun sait, en outre, que la pression exercée par les forces figuratrices sur un élément infinitésimal de la surface qui termine à l'intérieur la couche superficielle, dépend uniquement de la courbure moyenne de la surface extérieure, c'est-à-dire, de la courbure moyenne de la surface même de la masse liquide, au point où cette surface est rencontrée par une normale à l'élément infiniment petit. L'intensité de cette pression est égale, comme l'analyse le fait voir, au produit de la courbure moyenne dont il s'agit par un facteur constant, le tout augmenté d'une quantité également constante. Il résulte de là que la propriété caractéristique des surfaces terminant une masse liquide sans pesanteur est la constance de la courbure moyenne sur toute leur étendue. La surface sphérique satisfait évidemment à cette condition ; aussi lorsque la « masse est entièrement libre, c'est-à-dire, lorsqu'elle n'est adhérente à aucun solide qui oblige sa surface à se courber d'une autre manière, elle prend la forme d'une sphère, » ainsi qu'on l'a vu, dans une des expériences relatées ci-dessus. Quand on force la masse liquide à adhérer à un système solide, tel qu'un anneau circulaire ou elliptique, ou une charpente polyédrique formée de fils fins, les forces qui déterminent l'équilibre sont « l'attraction moléculaire du liquide pour lui-même et celle qui s'exerce entre le liquide et le système solide auquel on le fait adhérer. L'action de cette dernière force s'éteint à une distance excessivement petite du solide. » Par suite, en tous les points de la surface du liquide situés à une distance sensible de la charpente solide, les forces figuratrices se réduisent aux seules actions moléculaires du liquide agissant sur lui-même. La constance de la courbure moyenne caractérise donc, dans ce cas, les formes d'équilibre des parties de la surface demeurées libres, au même titre qu'elle caractérise la forme d'équilibre d'une masse liquide librement suspendue dans l'espace.

La conclusion qui ressort de ces considérations est évidente. Il suffit de varier convenablement les anneaux et les charpentes solides, pour faire passer les parties de la surface de la masse liquide demeurées libres par toutes les formes d'équilibre possibles, et de déterminer ainsi expérimentalement quelles sont les surfaces dont la courbure moyenne est constante. C'est ce que Joseph Plateau se proposa de réaliser.

Quand on commence des recherches expérimentales suivant un plan tracé à l'avance, il faut se résoudre à compter avec l'imprévu. Les travaux de notre illustre compatriote sur les figures d'équilibre des masses liquides soustraites à l'action de la pesanteur sont un des exemples les plus frappants que l'on puisse apporter à l'appui de cette vérité. Les détails dans lesquels nous allons entrer la mettront dans tout son jour.

Nous avons dit plus haut que les forces figuratrices qui donnent à une masse liquide soustraite à l'action de la pesanteur sa forme d'équilibre émanent exclusivement de la couche superficielle. Le premier soin de Joseph Plateau fut de donner à ce principe, qu'il appelle le principe de la couche superficielle, une démonstration expérimentale. A cet effet, il introduit, au sein du mélange alcoolique, un petit disque, préalablement recouvert d'huile d'olive, et l'y maintient dans une position invariable à l'aide d'un fil de fer très fin. Puis il entoure le disque d'huile, et donne à la masse liquide un volume « tel, qu'elle puisse constituer une sphère qui enveloppe complètement le système solide, sans que celui-ci atteigne la surface en aucun point. » Si le principe de la couche superficielle est vrai, « la présence du système solide n'aura aucune influence sur la figure d'équilibre, puisque dans ces circonstances la couche superficielle d'où émanent les actions figuratrices, demeure entièrement libre ; tandis que si ces actions émanaient de tous les points de la masse, une modification non symétrique apportée aux parties intérieures de celle-ci en

amènerait nécessairement une dans la forme extérieure. » L'expérience confirme pleinement l'exactitude du principe théorique. Que le centre du disque coïncide avec celui de la masse, ou qu'il soit placé plus haut ou plus bas, à droite ou à gauche, et que le plan du disque ait telle orientation ou telle autre, la surface qui limite la masse liquide reste constamment sphérique.

Voici un autre fait dont la valeur démonstrative n'est pas moins considérable. « Dans le cours des expériences, il arrive parfois que des portions du liquide alcoolique se trouvent emprisonnées dans l'intérieur de la masse d'huile, et y forment autant de sphères isolées. Or, ces sphères peuvent être placées d'une manière quelconque dans l'intérieur de la masse, sans qu'il en résulte la moindre altération » dans la figure d'équilibre.

Lorsqu'on fait pénétrer le petit disque, par son bord, dans l'intérieur d'une sphère d'huile déjà formée dont le diamètre est inférieur à celui de la petite plaque, on voit le liquide s'étendre sur les deux faces du disque, puis s'arrêter au contour et se constituer en segments sphériques. Suivant que le plan du disque passe, ou ne passe pas, au moment de l'introduction dans la masse sphérique, par le centre de la sphère, les deux segments sont égaux ou inégaux. Lorsque les segments sont égaux, naturellement les rayons le sont également. Ces rayons acquièrent des valeurs différentes, quand les segments sont inégaux. On obtient le même phénomène sur une seule des faces du disque, si on met en contact la surface inférieure de la petite plaque circulaire avec la surface supérieure de la sphère liquide. L'huile s'étend alors sur la surface inférieure du disque, et bien qu'on ait pris la précaution de frotter d'huile tout le système solide, « c'est-à-dire les deux faces de la plaque ainsi que le bord, l'huile s'arrête nettement » au contour « sans passer de l'autre côté de la plaque, et présente ainsi une interruption brusque dans la courbure de sa surface. » Cette discontinuité se conçoit

sans peine : « la plaque atteignant par son contour la couche superficielle, il est naturel qu'il se manifeste le long de ce contour quelque chose de particulier, et que la continuité dans la forme cesse là où s'exerce sans transition sur la couche superficielle une action attractive étrangère. »

Tous ces faits montrent que la forme d'équilibre d'une masse liquide soustraite à l'action de la pesanteur n'éprouve aucune altération aussi longtemps qu'on ne modifie que les parties intérieures de la masse ; mais « dès que l'on agit sur la couche superficielle la masse prend une autre figure.

» Pour achever de prouver, à l'aide de l'expérience seule, que les actions figuratrices exercées par le liquide sur lui-même n'émanent que de la couche superficielle, il ne s'agirait plus que de pouvoir réduire une masse liquide à sa couche superficielle, ou, du moins, à une pellicule mince, et de voir si, dans cet état, elle prendrait la même figure qu'une masse pleine. Or, c'est précisément ce que réalisent les bulles de savon. Ces bulles, en effet, lorsqu'elles sont détachées du tube qui a servi à les former, prennent, comme on sait, la figure sphérique. »

Dans la théorie des figures d'équilibre des masses liquides soumises à leurs seules actions moléculaires, et dans celle des phénomènes capillaires, le principe de la couche superficielle a pour complément nécessaire celui de la pression que les forces figuratrices exercent sur la surface intérieure de la couche superficielle. A l'époque où Joseph Plateau entreprit ses recherches sur la statique des liquides, une importance spéciale s'attachait à la démonstration expérimentale de ce deuxième principe. Plusieurs physiciens, en effet, étaient assez portés à regarder cette démonstration comme impossible, du moins, pour le cas de masses liquides terminées par des surfaces planes. En parlant de la théorie des phénomènes capillaires, ils disaient : « On peut reprocher à la théorie de Laplace

d'imposer, dès son origine, la notion d'une pression moléculaire exercée, en outre de la pression hydrostatique, à l'intérieur d'une masse liquide terminée par une surface plane. Or, on ne peut démontrer expérimentalement l'existence de cette pression, qui, introduite à l'origine dans les calculs, s'élimine ensuite d'elle-même et ne figure pas dans les résultats: on ne peut, en effet, constater par l'expérience autre chose que la différence de deux pressions moléculaires (1). » L'illustre physicien belge entreprit de montrer par des expériences décisives la réalité du principe de la pression moléculaire au sein des liquides, dans quelque condition que ces derniers se trouvent placés.

Au lieu d'introduire un petit disque plein, dans la sphère d'huile préalablement formée, Plateau y introduit, par le bord, un petit disque percé au centre. Dans cette expérience, le diamètre de la sphère était moindre que celui du disque, et ce dernier était introduit suivant une direction qui ne passait pas par le centre de la sphère. Ainsi divisée, la masse d'huile forma d'abord des segments sphériques inégaux ; mais bientôt, dit Plateau, on vit le segment le plus convexe diminuer graduellement de volume, et partant de courbure, et le volume de l'autre segment s'accroître, jusqu'à ce que, volume et courbure, tout fut enfin égal sur les deux faces du disque. Une partie de l'huile passait évidemment par l'ouverture de la plaque pour se porter d'un des segments liquides sur l'autre.

Lorsque l'huile « est étendue sur les deux faces de la plaque, de manière que la couche superficielle s'appuie sur tout le contour de celle-ci, l'action du système solide est complétée, et les mouvements qui surviennent ensuite dans la masse liquide, pour atteindre la figure d'équilibre, ne peuvent plus être dus qu'à une action émanant de la partie libre de la couche superficielle. C'est donc cette

(1) Jamin et Bouty, *Cours de physique de l'Ecole polytechnique*, 3e édition, t. 1er, 2e fascicule, p. 12.

dernière qui oblige le liquide à passer à travers l'ouverture de la plaque, et le phénomène doit nécessairement résulter, ou d'une pression exercée par la portion de la couche superficielle qui appartient au segment le plus convexe, ou d'une traction opérée par la portion de cette même couche qui appartient à l'autre segment. »

L'expérience présente ne dit rien sur le choix à faire entre ces deux manières d'expliquer le phénomène ; mais l'équilibre que l'on peut produire facilement en suspendant une goutte d'eau à un corps solide, ou en la déposant sur un plan qu'elle ne mouille pas, montre d'une façon manifeste que l'effet dont il s'agit est dû à une pression. Dans une goutte ainsi équilibrée, l'action de la couche superficielle doit être égale et directement opposée, en chacun des points de sa base, à la pression hydrostatique qu'elle neutralise. Il en est donc de même, dans le cas des segments liquides : chaque segment exerce, par sa couche superficielle, une pression sur la masse liquide. Ces deux pressions sont inégales ; la plus forte correspond au segment dont la courbure est plus prononcée ou, ce qui est la même chose, au segment qui a le rayon le plus petit.

Il est évident, en outre, « que si une couche superficielle de courbure sphérique exerce par elle-même une pression, ce principe doit être vrai quelque petite qu'on suppose l'étendue de cette couche. Il s'ensuit qu'une portion extrêmement minime de la couche superficielle » d'une masse liquide, prise où l'on voudra, « doit être par elle-même le siège d'une petite pression, et que par conséquent la pression totale exercée par la couche superficielle est le résultat des pressions individuelles émanant de tous les éléments de cette couche.» Dans l'état d'équilibre d'une masse liquide soustraite à l'action de la pesanteur, ces pressions individuelles sont nécessairement égales entre elles.

Le principe de la couche superficielle exige que la figure d'équilibre de la masse liquide soit indépendante, dans

l'expérience mentionnée ci-dessus, de la grandeur de l'ouverture centrale du disque ; on peut donc, sans changer la figure d'équilibre, réduire le disque à un simple contour annulaire.

Pour réaliser cette expérience intéressante, « on commence par donner à la sphère d'huile un diamètre un peu supérieur à celui de l'anneau métallique ; puis on introduit ce dernier dans la masse de manière qu'il soit complètement enveloppé ; enfin, à l'aide d'une petite seringue en verre, on enlève graduellement du liquide à la masse. Alors, celle-ci diminuant de volume, sa surface s'appuie bientôt sur tout le contour de l'anneau et, le volume continuant à diminuer, la forme lenticulaire se manifeste. On peut ensuite, par de nouvelles soustractions de liquide, réduire les courbures des deux surfaces au degré que l'on juge convenable. On obtient de cette manière une belle lentille bi-convexe, entièrement liquide, à l'exception de sa circonférence. » Cette lentille « possède toutes les propriétés des lentilles de convergence : par exemple, elle grossit les objets que l'on regarde au travers, et l'on peut faire varier ce grossissement à volonté,en enlevant ou en ajoutant du liquide à la masse. » Avec un fil métallique dont l'épaisseur était d'environ un demi-millimètre, Plateau a pu former ainsi une lentille de sept centimètres d'ouverture.

L'habile expérimentateur substitua ensuite au fil métallique, « une large bande de fer courbée circulairement de manière à constituer un cylindre creux, » et, en faisant adhérer la masse d'huile à la surface intérieure de ce nouveau système solide, il put observer les phénomènes suivants.

Le liquide, en quantité assez considérable pour faire saillie au dehors, présentait des deux côtés de la bande circulaire des surfaces sphériques convexes dont les courbures étaient égales. Appliquant à l'une de ces surfaces, le bec allongé et légèrement recourbé de la petite seringue

en verre, il enleva graduellement du liquide : les deux surfaces diminuèrent en même temps de courbure et finirent par devenir planes. Puis elles se creusèrent et formèrent des surfaces sphériques concaves de même courbure. Ces lentilles bi-concaves jouissaient de toutes les propriétés des lentilles de divergence. Quand on ajoutait du liquide à l'une des surfaces planes, la lame redevenait convexe.

Les conséquences qui ressortent de ces faits sont importantes.

Il en résulte d'abord « que les surfaces concaves de courbure sphérique sont des surfaces d'équilibre. » En outre, « puisque la surface plane laissée libre s'enfonce spontanément, dès que celle à laquelle on applique l'instrument devient concave, il faut en conclure que la couche superficielle appartenant à la première exerçait une pression, qui se trouvait contrebalancée par une force égale de la couche superficielle plane opposée, mais qui cesse de l'être et qui chasse le liquide, dès que cette couche opposée commence à se creuser (1).

» De plus, puisqu'une nouvelle extraction de liquide détermine une nouvelle rupture d'équilibre, de manière que la surface concave opposée à celle sur laquelle on agit directement manifeste un nouvel enfoncement spontané lorsque l'autre surface augmente de courbure, il en résulte que la courbe superficielle concave appartenant à la première exerçait encore une pression, qui d'abord était neutralisée par une pression égale provenant de l'autre couche concave, mais qui devient prépondérante et chasse de nouveau le liquide, lorsque cette autre couche augmente de courbure. »

Enfin, attendu qu'une lame à faces parallèles devient convexe sur ses deux faces, dès qu'on ajoute du liquide à

(1) On peut encore interpréter ce phénomène en disant que la couche superficielle d'une surface concave exerce une traction, et qu'une surface plane n'exerce ni pression ni traction.

l'une d'entre elles, il faut admettre qu'avant l'addition du liquide, les pressions des couches superficielles s'équilibraient, et que la convexité donnée à une des faces amène la rupture de l'équilibre et chasse le liquide vers la face plane.

Il suit de là : « 1° qu'une surface plane détermine une pression sur le liquide ; 2° qu'une surface concave de courbure sphérique détermine aussi une pression ; 3° que cette dernière est inférieure à celle qui correspond à une surface plane ; 4° qu'elle est d'autant moindre que la concavité est plus prononcée, ou que le rayon de la sphère à laquelle appartient la surface est plus petit ; » 5° que la pression déterminée par une surface convexe de courbure sphérique est supérieure à celle qui correspond à une surface plane.

Ces conséquences, que l'on pourrait généraliser en donnant à la bande de fer d'autres formes que la forme circulaire, justifient, suivant Plateau, les vues théoriques sur lesquelles Laplace a cru pouvoir établir sa théorie des phénomènes capillaires.

Nous avons dit que la couche superficielle, d'où émanent les forces figuratrices qui donnent à une masse liquide soustraite à l'action de la pesanteur sa forme d'équilibre, a une épaisseur égale au rayon d'activité de l'attraction moléculaire, c'est-à-dire, à la distance au delà de laquelle l'attraction mutuelle des éléments ne se fait plus sentir d'une manière sensible.

A l'époque où Joseph Plateau entreprit ses recherches sur les figures d'équilibre des liquides, on ne savait rien autre chose sur cette distance, si ce n'est qu'elle est d'une excessive petitesse. En poursuivant la série d'expériences dont nous avons commencé à rendre compte, l'illustre physicien eut le bonheur de rencontrer un phénomène qui lui permit de faire le premier pas vers la détermination de cette grandeur.

Lorsqu'on pousse assez loin la soustraction du liquide

dans la lentille biconcave, par le moyen de la petite seringue en verre, il arrive un moment où les deux surfaces sphériques sont sur le point de se toucher ; alors on observe, « au centre de la figure, la formation d'un petit espace circulaire nettement terminé, à travers lequel les objets ne paraissent plus diminués, et l'on reconnaît aisément que ce petit espace est occupé par une lamelle d'huile à faces planes. Si l'on continue à enlever graduellement du liquide, cette lamelle augmente de plus en plus en diamètre, et on peut l'étendre jusqu'à une assez petite distance de la surface solide. » Dans l'expérience de Plateau, la bande métallique avait un diamètre de sept centimètres, et la lame centrale s'était tellement agrandie que sa circonférence n'était plus distante du contour que d'environ cinq millimètres.

Ce fait de la formation d'une lamelle à faces planes au centre du système liquide est extrêmement remarquable : car, « la partie de la masse à laquelle la lamelle tient par son bord, présente des surfaces concaves, tandis que celles de la lamelle sont planes ; or, un tel système de surfaces dans une masse liquide continue semble en opposition » avec les lois énoncées plus haut. Une de ces lois dit, en effet, que la pression déterminée par une couche superficielle correspondant à une surface plane est toujours supérieure à la pression produite par la couche superficielle d'une surface concave. Il n'y a qu'un seul moyen, suivant Plateau, de rendre raison d'un équilibre aussi anormal en apparence, c'est d'admettre que l'épaisseur de la lamelle circulaire est moindre que le double du rayon de la sphère d'activité de l'attraction moléculaire ; alors, il est évident que les couches superficielles de la lamelle donnent naissance à des pressions d'autant plus affaiblies que l'épaisseur de la lame est plus petite. Cette expérience montre donc que la distance, au delà de laquelle l'attraction du liquide, agissant sur lui-même, ne se fait plus sentir, n'est pas inférieure à la moitié de l'épaisseur de

la lamelle circulaire, alors que cette lamelle est en équilibre de pression avec les parties concaves de la masse liquide auxquelles elle se rattache.

Il ne faut pas croire toutefois que l'équilibre du système a lieu aussitôt que la lamelle est formée. « La mobilité relative des molécules de l'huile n'est pas assez grande pour que la lame liquide puisse se former immédiatement avec l'excessive minceur qui convient à l'équilibre ; l'épaisseur de cette lame, bien que très petite absolument parlant, est sans doute, dans les premiers moments, un grand multiple de l'épaisseur théorique. » A l'origine les pressions des surfaces planes de la lame surpassent celles qui proviennent des surfaces concaves ; l'huile est chassée, par conséquent, de la lame vers l'anneau, et l'épaisseur de la lamelle diminue progressivement. Ce n'est qu'après un temps plus ou moins notable que l'équilibre est définitivement établi.

Au lieu de faire adhérer la masse liquide à une lame de fer recourbée circulairement, on peut tout aussi bien la faire adhérer à une charpente formée de fils de fer et représentant l'ensemble des arêtes d'un polyèdre. Afin d'établir l'adhérence avec une certaine facilité, il convient de donner à la masse liquide un volume plus considérable que celui de la figure polyédrique ; on enlève ensuite du liquide en appliquant le bec de la petite seringue vers le milieu d'une face de la masse liquide. A peine a-t-on aspiré le liquide, que l'on voit toutes les faces s'enfoncer simultanément et de la même quantité. En poussant l'épuisement jusqu'à rendre les faces planes, on donne naissance à des figures polyédriques du plus bel aspect : cubes, parallélipipèdes, prismes, octaèdres, tétraèdres, etc. Quand on continue à épuiser le liquide, on voit les faces se creuser, puis s'étendre de plus en plus à l'intérieur de la masse, et enfin se rapprocher tout à fait. Elles finiraient par se couper, si l'équilibre était possible dans ces conditions ; mais au moment où l'intersection est sur le point de se produire,

on voit apparaître des lames planes, quelquefois courbes, qui, partant des arêtes du polyèdre, vont se réunir à une masse centrale. Ces dernières figures sont de la plus grande beauté. Nous ne pouvons que les mentionner. Pour entrer dans des détails plus circonstanciés, il faudrait recourir aux représentations géométriques.

Après avoir établi, sur des bases expérimentales, les principes de la théorie des actions moléculaires au sein des liquides, Joseph Plateau s'engagea dans une recherche qui devait le conduire à des résultats extrêmement importants. Le plus remarquable de ces résultats est l'explication physique de la constitution des veines liquides observée par Savart.

Parmi les figures d'équilibre d'une masse liquide soustraite à l'action de la pesanteur par son immersion dans un mélange alcoolique de même densité, la théorie indiquait la forme cylindrique. Plateau se proposa de soumettre cette conclusion de l'analyse à l'épreuve de l'expérience. A cet effet, il plaça, l'un au-dessous de l'autre, dans le liquide alcoolique, deux anneaux en fil de fer, égaux et parallèles. En soulevant ou en abaissant l'anneau supérieur, il pouvait faire varier leur distance mutuelle. Après avoir formé, dans ces conditions, une sphère d'huile d'un diamètre un peu plus grand que celui des anneaux, il la fit adhérer au système ; puis soulevant lentement l'anneau supérieur, il obtint, par un écartement convenable, une surface parfaitement cylindrique entre les deux anneaux. En haut et en bas, la masse liquide était terminée par des calottes sphériques qui venaient s'appuyer sur le contour des anneaux. La hauteur de la partie cylindrique dépendait, pour un même système d'anneaux, du volume donné primitivement à la sphère d'huile d'olive.

Une propriété fort intéressante caractérisait cette figure d'équilibre. La pression moléculaire produite par les couches superficielles des calottes sphériques y était équilibrée par celle que la couche superficielle de la partie cylindrique

déterminait au sein du liquide ; il fallait donc que les courbures moyennes des surfaces libres de ces couches eussent une valeur numérique commune, et, par suite, que le rayon des zones sphériques égalât le diamètre de la section transversale du cylindre. L'éminent physicien constata l'exactitude de la conclusion analytique, par la mesure du diamètre des anneaux et par celle de la hauteur des segments sphériques.

Il reconnut, en outre, que lorsque la hauteur du cylindre ne dépasse pas considérablement le triple de la valeur du diamètre des anneaux, on donne très facilement, à la masse liquide, la figure cylindrique ; mais qu'il n'en est pas de même quand, eu égard au volume de la masse liquide, la hauteur du cylindre devrait être égale, par exemple, à quatre fois le diamètre des bases. Dans une de ses expériences les anneaux avaient un diamètre de deux centimètres, et la distance qui les séparait était égale à huit centimètres. Il fit adhérer aux anneaux ainsi disposés une masse d'huile d'assez grand volume, de telle sorte que la partie comprise entre les anneaux se trouvait terminée par une surface convexe vers l'extérieur. Il est évident que cette surface caractérise une forme particulière d'équilibre ; nous y reviendrons plus tard. En retirant prudemment du liquide, à l'aide de la petite seringue de verre, et en diminuant ainsi la convexité de la surface, Joseph Plateau s'efforca de substituer, à la figure d'équilibre primitive, la forme cylindrique. Ce fut en vain. Lorsque la flèche de la convexité devenait inférieure à 3 millimètres, un changement de forme se manifestait aussitôt dans la figure. Dans une première expérience, la partie inférieure s'étrangla ; il se forma un cercle de gorge situé à peu près au quart de la distance des anneaux. En même temps la partie supérieure de la figure se gonfla, et le liquide se sépara finalement en deux masses inégales qui demeurèrent attachées aux anneaux. « La masse supérieure constitua une sphère complète, et la masse inférieure, une lentille biconvexe. »

Une autre fois le phénomène se produisit d'une façon inverse : la figure s'amincit par le haut et se renfla par le bas ; « de sorte qu'après la séparation en deux masses, la sphère complète se trouvait dans l'anneau inférieur, et la lentille dans l'anneau supérieur. »

Ces faits montrent que « le cylindre constitue une figure d'équilibre stable, lorsque le rapport entre sa hauteur et son diamètre » est égal ou inférieur à 3 ; mais qu'il « constitue une figure d'équilibre instable, lorsque le rapport entre sa hauteur et son diamètre » est égal ou supérieur à 4. « Il existe, par conséquent, un rapport intermédiaire, qui correspond au passage de la stabilité à l'instabilité : » Plateau nomme ce dernier rapport la limite de la stabilité du cylindre.

On pourrait faire à cette conclusion, telle qu'elle vient d'être formulée, une objection fondée. La figure d'équilibre réalisée par Plateau est complexe, « puisque sa surface totale se compose d'une portion cylindrique et de deux portions présentant une courbure sphérique. Or, on ne peut pas affirmer que ces deux dernières portions sont sans influence sur la stabilité ou l'instabilité de la portion intermédiaire, et, par suite, sur la valeur du rapport qui constitue la limite entre ces deux états. Pour que les conclusions précédentes fussent rigoureusement applicables au cylindre, il faudrait faire en sorte que la figure ne présentât pas d'autre surface libre que la surface cylindrique, ce qui est facile en remplaçant les anneaux par des disques pleins. » Ayant effectué cette substitution, Plateau reconnut que les résultats ne changeaient pas : le cylindre ayant deux centimètres de diamètre à la base et six centimètres de hauteur constituait une figure d'équilibre stable, tandis que, à égalité de base, le cylindre de huit centimètres de hauteur commençait à s'altérer et se détruisait avant d'avoir atteint la figure parfaitement cylindrique ; « seulement le résultat final de cette destruction ne se composait plus, comme dans le cas des anneaux, d'une sphère complète et

d'une lentille bi-convexe, mais bien, comme cela devait être, de deux portions inégales de sphères, respectivement adhérentes aux deux surfaces solides en regard. » La limite de la stabilité du cylindre, considéré comme figure d'équilibre, se trouve donc réellement comprise entre les nombres trois et quatre. Plus tard, Plateau parvint à démontrer par l'analyse que cette limite est égale au nombre π, ou à 3,1415926, ce qui est, comme on sait, le rapport de la circonférence au diamètre.

Dans les cylindres instables dont il vient d'être question, « le rapport entre la longueur et le diamètre était peu considérable ; » il était, par conséquent, naturel de se demander ce qui arriverait « si l'on parvenait à obtenir des cylindres d'une grande longueur relativement à leur diamètre. » Dès le début de ses expériences, Plateau avait observé le fait suivant. « Lorsqu'on introduit de l'huile à l'aide d'un petit entonnoir dans un mélange alcoolique qui renferme un léger excès d'alcool, et que l'on verse l'huile avec assez de rapidité pour maintenir l'entonnoir plein, le liquide forme, à partir du bec de l'entonnoir jusqu'au fond du vase où la masse se rassemble, une longue traînée, dont le diamètre va en augmentant un peu de la partie supérieure à la partie inférieure, de manière à former une sorte de cône très allongé qui ne diffère pas beaucoup d'un cylindre. Cette figure à peu près cylindrique, dont la hauteur est considérable par rapport au diamètre, se maintient sans altération sensible tant que l'huile qui la constitue a une vitesse de translation suffisante ; mais lorsqu'on cesse de verser de l'huile dans l'entonnoir, et que par suite le mouvement de translation se ralentit, on voit bientôt le cylindre se résoudre rapidement en une série de sphères sensiblement égales en diamètre, également espacées, et ayant leurs centres rangés sur la droite qui formait l'axe du cylindre. »

Pour réaliser cette transformation remarquable, dans des conditions moins restreintes et plus régulières, il eut recours au procédé suivant.

Une plaque de verre « étant placée horizontalement, on pose à plat sur sa surface, et parallèlement à ses grands côtés, deux bandes de verre » de 5 ou 6 millimètres d'épaisseur, « de manière à laisser entre elles un intervalle d'environ un centimètre ; puis on introduit dans celui-ci deux fils de cuivre. » Ces fils doivent être bien droits, coupés très nettement, et soigneusement amalgamés à une de leurs extrémités. On les place « en ligne droite dans le sens de la longueur des bandes, et de manière que les extrémités amalgamées se regardent et soient distantes l'une de l'autre de quelques centimètres. Cela fait, on dépose entre ces mêmes extrémités un globule de mercure bien pur, de 5 ou 6 millimètres de diamètre ; puis on rapproche les deux bandes de verre jusqu'à ce qu'elles viennent toucher les fils, de sorte qu'alors elles ne laissent plus entre elles qu'un intervalle égal en largeur au diamètre de ces fils.

» La petite masse de mercure comprimée ainsi latéralement, est obligée de s'allonger et de marcher des deux côtés vers les surfaces amalgamées. Si elle ne les atteint pas, on fait glisser les fils vers elle, jusqu'à ce que le contact et l'adhérence soient établis. Alors on fait glisser les fils en sens contraire, de manière à les éloigner l'un de l'autre, ce qui détermine un nouvel allongement de la petite masse liquide, et une diminution de ses dimensions verticales. » On s'arrête lorsque l'épaisseur verticale de la petite masse est partout égale à son épaisseur horizontale, c'est-à-dire, lorsque le mercure forme un fil liquide de même diamètre que les fils de cuivre auxquels il adhère. Cette opération doit être conduite avec précaution et habileté. Le fil ainsi formé a une longueur de 8 à 10 centimètres. Eu égard à la petitesse de sa section transversale, l'action de la pesanteur y est insensible relativement aux attractions moléculaires, et il est permis de le considérer comme un fil de forme parfaitement cylindrique, dont la longueur est égale à 80 ou 100 fois le diamètre. « Les choses étant

dans cet état, on pose des poids sur les parties des deux fils de cuivre qui font saillie au delà des extrémités des bandes, afin de maintenir ces fils dans des positions bien fixes ; » puis on enlève verticalement les deux bandes de verre. « Au même instant, le cylindre liquide, libre de ses entraves, se transforme en une série nombreuse de sphères isolées, rangées en ligne droite suivant la direction du cylindre qui leur a donné naissance. »

Cette transformation rappelle celle que l'on observe dans un fil de métal fondu par une décharge électrique. M. Félix Plateau, fils de l'illustre physicien, l'a constatée également dans les conditions suivantes. « Un fil de coton, de 20 à 25 centimètres de longueur, est tendu entre les deux extrémités d'un arc de bois, dont il forme la corde ; on remplit d'huile un grand plat, et l'on y fait plonger le fil, qui doit avoir été préalablement bien imprégné du même liquide, puis on le retire avec une vitesse convenable, en le maintenant dans une position horizontale. Au moment où il sort de l'huile, celle-ci constitue autour de lui une enveloppe sensiblement cylindrique de petit diamètre, laquelle se transforme aussitôt, d'une manière à fort peu près régulière, en un grand nombre de petites masses séparées les unes des autres et traversées par le fil comme des perles ; si le fil a 25 centimètres de longueur, on y compte près de cent de ces perles. » Ici les petits globules ne sont pas sphériques ; l'action du fil, en les allongeant, leur donne une forme ovoïdale (1).

Voici, d'après les nombreuses expériences de Joseph Plateau, comment s'accomplit ce phénomène de transformation, dans les conditions normales.

« Le cylindre commence par se renfler graduellement sur des portions de sa longueur situées à égale distance

(1) *Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, t. XXXVII, dernière série des recherches de J. Plateau, p. 53, et *Bulletins* de la même Académie, 2e série, t. XXIV, p. 21.

les unes des autres, tandis qu'il s'amincit dans les portions intermédiaires, et la longueur des renflements ainsi formés est égale ou à fort peu près à celle des étranglements ; ces modifications continuent à se prononcer de plus en plus, en s'effectuant avec une vitesse accélérée, jusqu'à ce que les milieux des étranglements soient devenus très minces ; alors, à partir de chacun de ces milieux, le liquide se retire rapidement dans les deux sens, mais en laissant encore les masses réunies deux à deux par un filet sensiblement cylindrique. » Ce filet cylindrique se produit dans des conditions très favorables à l'observation, lorsque la transformation a lieu au sein d'un cylindre d'huile instable, gros et de longueur médiocre, immergé dans le milieu alcoolique. Après sa formation le filet éprouve les mêmes modifications que le cylindre primitif ; « seulement il ne s'y forme en général que deux étranglements, qui comprennent, par conséquent, entre eux un renflement. Chacun de ces petits étranglements se convertit à son tour en un filet plus délié, qui se brise en deux points et donne naissance à une sphérule isolée très petite, tandis que le renflement ci-dessus se transforme en une sphérule plus grande. » Après « la rupture de ces derniers filets, les grosses masses prennent complètement la forme sphérique. »

Par la rupture de l'équilibre, un cylindre de longueur considérable se convertit, par conséquent, « en une série de sphères isolées, égales en diamètre, également espacées, ayant leurs centres sur la droite qui formait l'axe du cylindre, » et dans les intervalles sont rangées, suivant le même axe, des sphérules de différents diamètres. Dans les conditions normales, ces sphérules sont au nombre de trois : une grosse et deux petites.

Joseph Plateau appelle divisions d'un cylindre liquide, « les portions de ce cylindre dont chacune doit fournir une sphère. » La longueur d'une division ainsi définie mesure « la distance constante qui, pendant la transformation, se trouve comprise entre les cercles de

gorge de deux étranglements voisins. » Il nomme, en outre, longueur normale des divisions, la grandeur « que prendraient ces divisions, si le cylindre auquel elles appartiennent avait une longueur infinie. » D'après l'éminent physicien, les divisions d'un cylindre limité par des bases solides prennent aussi, dans certains cas, la longueur normale. Une analyse fort délicate du phénomène de la rupture lui permet d'assigner les caractères propres des cas dont il s'agit, et par suite le met à même de mesurer la longueur normale des divisions dans diverses transformations observées.

A l'aide d'évaluations numériques faites avec beaucoup de soin, Joseph Plateau est parvenu à établir, au sujet de ces longueurs normales des divisions, une série de lois importantes ; toutes se rapportent à la rupture, dans le vide ou dans l'air, de colonnes cylindriques libres sur toute leur surface convexe. Voici l'énoncé de ces lois ; elles nous serviront tout à l'heure à mieux saisir toutes les particularités observées par Savart dans les veines liquides.

Des cylindres, différents de diamètre, mais formés du même liquide, se divisent d'une manière semblable, « c'est-à-dire que les longueurs normales respectives des divisions sont entre elles comme les diamètres de ces cylindres.

» En d'autres termes, la nature du liquide ne changeant pas, la longueur normale des divisions d'un cylindre est proportionnelle au diamètre de celui-ci. Il en est de même, par conséquent, du diamètre des sphères isolées dans lesquelles se convertissent les divisions normales, et de la longueur des intervalles qui séparent ces sphères.

» Le rapport entre la longueur normale des divisions et le diamètre du cylindre surpasse toujours la limite de stabilité. Ce rapport est d'autant plus grand que le liquide est plus visqueux et que les forces figuratrices y sont plus faibles.

» Pour un cylindre de mercure, ce même rapport est beaucoup inférieur à 6, et l'on peut admettre qu'il se trouve

au-dessous de 4. Pour un cylindre formé de tout autre liquide fort peu visqueux, tel que l'eau, l'alcool, etc., il est très probable que le rapport dont il s'agit s'éloigne peu de 4.

» D'après cela, dans le cas de ces derniers liquides, on a, pour la valeur approximative probable du rapport entre le diamètre des sphères isolées qui résultent de la transformation et le diamètre du cylindre, le nombre 1,82; et pour celle du rapport entre la distance de deux sphères voisines et le même diamètre, le nombre 2,18.

» Si le liquide est du mercure, et que les divisions aient leur longueur normale, le temps qui s'écoule depuis l'origine de la transformation jusqu'à l'instant de la rupture des filets, est exactement ou sensiblement proportionnel au diamètre du cylindre. Cette loi s'applique aussi, très probablement, à chacun des autres liquides fort peu visqueux. Il est possible que cette même loi soit générale, c'est-à-dire qu'elle s'applique à tous les autres liquides. » Mais les expériences laissent la chose incertaine.

« Pour un même diamètre, et les divisions ayant toujours leur longueur normale, la valeur absolue du temps dont il s'agit varie avec la nature du liquide. Dans le cas du mercure, et pour un diamètre de un centimètre, cette valeur absolue est notamment supérieure à deux secondes.

» Lorsqu'un cylindre est formé entre deux bases solides suffisamment rapprochées pour que le rapport de la longueur du cylindre au diamètre soit compris entre une fois et une fois et demie la limite de la stabilité, la transformation ne produit qu'un seul étranglement et un seul renflement; on n'obtient alors pour résultat final que deux portions de sphère inégales en volume et en courbure, respectivement adhérentes aux bases solides, plus des sphérules interposées. »

Voyons maintenant l'usage que l'on peut faire de ces lois dans l'interprétation des phénomènes que présentent les veines liquides.

La constitution d'une telle veine, « s'écoulant librement sous l'action de la pesanteur, par un orifice circulaire percé en mince paroi dans le fond horizontal d'un vase, » est connue. « Les molécules du liquide intérieur au vase, qui affluent de tous les côtés vers l'orifice, conservent encore, comme on sait, immédiatement après leur sortie, des directions obliques au plan de cet orifice, d'où résulte un rétrécissement rapide de la veine à partir de l'orifice jusqu'à une section horizontale que l'on désigne improprement sous le nom de section contractée. » A partir de cette section, la forme de la veine est celle d'un cône très aigu.

Jusqu'à une certaine distance de la section contractée le filet est limpide ; le reste paraît troublé et on dirait que la surface est alors légèrement bosselée. Quand on l'éclaire vivement par un faisceau de lumière solaire, et qu'on place derrière lui pour faciliter l'observation un écran noir, on ne tarde pas à remarquer que la portion troublée est bien réellement renflée de distance en distance : on y distingue une suite de ventres équidistants séparés par des étranglements ou nœuds. « Les ventres paraissent lamelleux, comme s'ils étaient formés de plaques imbriquées, et il semble qu'un canal continu s'étende dans l'axe de la veine de haut en bas » (1). Ces apparences ne représentent pas la manière dont la veine est constituée : ce sont des phénomènes analogues aux cercles lumineux que, eu égard à la durée de persistance des impressions lumineuses sur la rétine les charbons incandescents produisent nécessairement, lorsqu'ils sont en rotation rapide.

Pour faire apparaître la constitution véritable de la veine liquide, il suffit d'opérer dans l'obscurité, et d'éclairer ensuite le filet par la lumière de l'étincelle électrique : l'éclairement ne durant qu'un instant, on aperçoit la veine dans un état d'immobilité complète, et par conséquent,

(1) Jamin et Bouty, *Cours de physique de l'École polytechnique*, t. Ier, 2e fascicule, Physique moléculaire, p. 95.

telle qu'elle est constituée. On y découvre alors des gouttes régulièrement espacées, et présentant la forme d'ellipsoïdes de révolution, aplatis ou allongés, suivant le lieu où elles se trouvent. Ces gouttes sont relativement grosses ; elles sont séparées par des globules, c'est-à-dire, par des gouttes beaucoup plus petites que les premières. Les globules sont situés au milieu de l'intervalle qui sépare deux gouttes consécutives.

Le phénomène qu'on a sous les yeux est donc le suivant. A une hauteur déterminée on voit une goutte très aplatie ; à partir de là, en descendant, on aperçoit d'abord une goutte dont la forme se rapproche davantage de celle de la sphère, puis une goutte tout à fait sphérique ; plus bas, on rencontre une goutte légèrement allongée, et à sa suite une autre goutte offrant le maximum d'allongement. Si on descend plus bas encore, on trouve que les mêmes formes se reproduisent en sens inverse ; après quoi, tout recommence de la même manière.

A mesure qu'elles tombent, les gouttes « se succèdent aux mêmes places et y prennent toujours les mêmes formes ; » il est évident « que ces formes expliquent l'apparence de la veine, puisque son contour est l'enveloppe des points occupés successivement par les diamètres horizontaux des gouttes. Il y a donc des ventres aux lieux où sont les aplatissements et des nœuds où se placent les allongements (1). » Quant au canal continu qui s'étend tout le long de l'axe de la veine, son apparence est produite par la chute des globules.

L'état intérieur de la veine liquide que nous venons de décrire, découle nécessairement des faits observés par Joseph Plateau. A partir de la section contractée, le filet liquide « dont la forme approche de celle d'un cylindre très allongé, doit se transformer en une série de sphères isolées ayant leurs centres rangés sur l'axe de la figure.

(1) *Ibid.* pp. 96 et 97.

A la vérité, il s'agit ici d'un liquide soumis à l'action de la pesanteur ; mais il est évident que, pendant la chute libre d'un liquide, la pesanteur ne met plus aucun obstacle au jeu des attractions moléculaires,et que celles-ci doivent alors exercer sur la masse les mêmes actions figuratrices que si cette masse était sans pesanteur et à l'état de repos; c'est ainsi, par exemple, que les gouttes de pluie prennent, dans leur chute, la forme sphérique. Seulement pour que la conclusion précédente fût tout à fait rigoureuse, il faudrait que toutes les parties de la masse fussent animées de la même vitesse, ce qui n'a pas lieu pour la veine ; mais on comprend que, si cette différence peut apporter quelques modifications au phénomène, elle ne saurait empêcher la production de celui-ci. Le liquide de la veine devra donc nécessairement arriver par degrés, pendant son mouvement, à constituer une série de sphères isolées. »

Par suite, à mesure que les divisions du cylindre abandonnent la section contractée, elles tendent à se constituer en sphères. « Si donc les mouvements du liquide, tant celui de translation que celui de transformation, étaient assez lents pour qu'on pût les suivre des yeux, on verrait la veine formée de deux parties distinctes, l'une supérieure continue, l'autre inférieure discontinue. La surface de la première présenterait une suite de renflements et d'étranglements qui descendraient avec le liquide, en se renouvelant continuellement à partir de la section contractée, et qui, très faiblement indiqués à leur origine près de cette section, se prononceraient de plus en plus pendant leur mouvement de translation, les renflements devenant plus saillants et les étranglements plus profonds ; enfin, ces divisions de la veine arrivant l'une après l'autre, dans leur plus grand développement, à l'extrémité inférieure de la partie continue, on les verrait s'en détacher, et achever aussitôt de prendre la forme sphérique. En outre, la séparation de chacune de ces masses serait nécessairement précédée de la formation d'un filet qui se résoudrait en

sphérules de différents diamètres ; de sorte que chaque sphère isolée serait suivie de semblables sphérules. La partie discontinue de la veine se montrerait donc composée de sphères isolées de même volume et de sphérules inégales rangées dans les intervalles des premières, les unes et les autres étant emportées par le mouvement de translation, et se renouvelant sans cesse à l'extrémité de la partie continue. » Mais ce que la rapidité du mouvement de translation ne permet pas de constater dans les conditions ordinaires de la vision s'aperçoit très nettement, comme nous l'avons dit, dans l'illumination instantanée produite par l'étincelle électrique.

Deux conséquences découlent de cette explication. « En premier lieu, les divisions se transformant pendant leur descente, il est clair que l'espace parcouru par une division pendant le temps qu'elle met à effectuer une partie donnée de sa transformation, sera d'autant plus grand qu'elle descendra plus vite, ou, en d'autres termes, que la charge, c'est-à-dire la hauteur du liquide dans le vase, sera plus considérable ; d'ou il suit évidemment que, pour un même orifice, la longueur de la partie continue de la veine doit croître avec la charge. » Précisons davantage.

Le temps que met une division à se constituer en sphère est indépendant de la rapidité du mouvement de translation commun à tout le cylindre ; d'autre part, la vitesse du liquide au sortir de la section contractée est, suivant la loi de Toricelli, proportionnelle à la racine carrée de la hauteur de la masse fluide dans le vase. Il en résulte que la longueur de la partie continue de la veine doit croître proportionnellement à la vitesse du liquide au sortir de la section contractée et, partant, proportionnellement à la racine carrée de la charge. C'est, en effet, ce que Savart a constaté, par des mesures faites avec soin, dans son étude expérimentale de la constitution et des propriétés des veines liquides.

Le raisonnement précédent suppose, à la vérité, que la

vitesse de translation du liquide est la même à toute distance de la section contractée et, par suite, que le mouvement des divisions, dans la veine liquide, est uniforme ; or chacun sait que le mouvement dont il s'agit est un mouvement accéléré. Mais, eu égard au temps qui s'écoule depuis l'origine de la tranformation des divisions jusqu'à la séparation complète, temps d'autant plus court, d'après les observations de Plateau, que l'orifice d'écoulement est plus petit, il est évident que la vitesse de translation, dans la partie continue de la veine, s'écartera d'autant moins de l'uniformité, que la charge, et partant la vitesse au sortir de la section contractée, seront plus considérables. C'est encore ce que montrent les mesures exécutées par Savart : la longueur de la partie continue de la veine n'est proportionnelle à la racine carrée de la hauteur du liquide dans le vase que pour des charges supérieures à une certaine valeur limite. Cette limite est d'autant moins élevée que le diamètre de l'orifice d'écoulement est plus petit.

La seconde conséquence qui ressort de l'application, aux phénomènes de la veine liquide, des lois déterminées par Joseph Plateau, est celle-ci : « Puisque la transformation d'un cylindre est d'autant plus lente que le cylindre a un plus grand diamètre, le temps qu'emploiera une division de la veine pour effectuer une même partie de sa transformation sera d'autant plus long que la veine aura plus d'épaisseur ; d'où il suit que, si la vitesse d'écoulement ne change pas, l'espace que parcourra la division pendant ce temps sera d'autant plus considérable que le diamètre de l'orifice sera plus grand ; par conséquent, pour une même charge, la longueur de la partie continue » de la veine doit croître avec le diamètre de l'orifice. Il est même facile de voir qu'elle doit être proportionnelle au diamètre de l'ouverture. C'est ce que montrent également les tableaux numériques où Savart a consigné les résultats de ses recherches.

Dans des expériences conduites par l'habile physicien

français que nous venons de nommer, un phénomène sonore ne pouvait passer inaperçu. Savart reconnut que la veine liquide fait entendre un son très grave ; il suffit de placer l'oreille très près du jet pour le percevoir. Le son est renforcé quand on reçoit le jet sur un tambour. Cette dernière expérience fait voir que le son rendu par la veine résulte principalement du choc périodique des masses isolées dont la partie discontinue du jet est composée. En comparant les sons ainsi produits par des veines d'eau, sous différentes charges et avec des orifices de différents diamètres, Savart a trouvé que, pour un même orifice, le nombre des vibrations exécutées dans un temps donné est proportionnel à la racine carrée de la charge ; et que, pour une même charge, ce nombre est en raison inverse du diamètre de l'orifice.

Ces deux lois sont une conséquence nécessaire des principes établis par Plateau. En effet, il a été dit plus haut que la longueur des divisions d'un cylindre qui se transforme est proportionnelle au diamètre, et qu'il en est de même du rayon des sphères dans lesquelles ces divisions se convertissent, ainsi que de l'intervalle interposé entre deux sphères consécutives. Le nombre de chocs produits, dans un temps donné, sur le sol ou sur le tambour, par les sphères qui se succèdent, est donc, pour un même orifice, proportionnel à la vitesse de translation du jet, et partant à la racine carrée de la charge. Pour une même charge et, par suite, pour une même vitesse de translation, ce nombre varie en raison inverse de la distance de deux sphères consécutives et, par conséquent, en raison inverse du diamètre de la section contractée. On peut dire également que ce nombre varie en raison inverse du diamètre de l'orifice ; car on sait que, « dans une veine liquide, le diamètre de la section contractée peut être considéré comme proportionnel à celui de l'orifice quand ce dernier surpasse dix millimètres, et qu'au-dessous de cette limite, la proportionnalité ne s'altère d'une manière

notable, que lorsque le diamètre de l'orifice devient inférieur à un millimètre. » Cet accord des lois de Savart avec les principes établis par Plateau est très remarquable.

Nous venons de parler des veines lancées verticalement de haut en bas. « Considérons maintenant des veines lancées dans des directions différentes de la verticale. Celles-ci sont incurvées par l'action de la pesanteur et, par conséquent, ne peuvent plus être comparées à des cylindres ; mais nous ferons remarquer que le phénomène de la conversion en sphères isolées n'est pas le résultat d'une propriété appartenant exclusivement à la forme cylindrique ; ce phénomène paraît devoir se produire à l'égard de toute figure liquide dont une dimension est considérable relativement aux deux autres. » Lorsque, par le moyen de la petite seringue en verre, on diminue peu à peu la courbure d'une lentille biconvexe formée par une masse d'huile adhérente à un fil circulaire, il arrive que la masse liquide se désunit à l'endroit où le bec de l'instrument est appliqué ; alors « le liquide se retire rapidement dans tous les sens vers la circonférence métallique, et forme, le long de celle-ci, un joli anneau liquide ; mais cet anneau ne persiste que pendant une ou deux secondes, après quoi il se résout spontanément en plusieurs petites masses à peu près sphériques, et adhérentes à différentes parties de l'anneau en fil de fer, qui les traverse comme les perles d'un collier.

» On comprend donc que, dans les veines courbes, il doit aussi se produire des divisions passant graduellement à l'état de sphères isolées, et que, par conséquent, la constitution des veines lancées soit horizontalement soit obliquement doit être analogue à celle des veines lancées verticalement de haut en bas, conclusion qui s'accorde, en effet, avec les observations de Savart. On doit croire que cette analogie de constitution s'étend à la partie ascendante des veines lancées verticalement de bas en haut ; seulement, dans le cas de ces dernières veines, les phénomènes

sont probablement troublés par le liquide qui retombe. »

Un des caractères les plus remarquables des veines liquides est sans contredit le mouvement vibratoire de déformation que l'on observe dans les sphères qui composent la partie discontinue du jet. En effet, il a été dit plus haut qu'après la séparation des divisions, les masses isolées se montrent dans leur chute alternativement aplaties et allongées : on les voit constamment aplaties au sommet de la partie discontinue de la veine et au milieu des ventres ; elles apparaissent allongées à l'endroit des nœuds. Ces déformations périodiques sont dues à deux causes. D'abord au mouvement oscillatoire des masses isolées, par rapport à leur centre de gravité respectif et à leur forme d'équilibre stable. Ce mouvement résulte nécessairement du fractionnement de la masse cylindrique. Eu égard à la mobilité des liquides, il n'est pas possible qu'une division atteigne, après la séparation, la forme sphérique, sans la dépasser un peu. Mais ces déformations sont dues aussi à l'influence des mouvements vibratoires que le son rendu par la veine excite naturellement dans le liquide du réservoir. Cette dernière influence est prépondérante. On peut l'exagérer en émettant, à proximité du jet, un son fort, à l'unisson de celui de la veine, par le moyen d'un instrument de musique. Joseph Plateau a analysé, d'une façon très fine, les phénomènes divers qui se produisent alors au sein de la veine.

Il fait remarquer en premier lieu que, dans le son émis par la veine, la durée d'une vibration double est évidemment égale au temps qu'une division emploie à passer par la section contractée. Or, chaque division se compose à l'origine d'un renflement et de deux moitiés d'étranglement ; il suit de là que la durée d'une vibration simple est égale à celle du passage, par la section contractée, d'un renflement ou d'un étranglement. Cela posé, supposons, dit-il, « qu'on ait soustrait la veine à l'influence des vibrations provenant de la chute du liquide dans le vase qui le

reçoit, et à celle des bruits extérieurs ; puis que, la veine étant ainsi abandonnée à la seule action des forces figuratrices, on transmette au vase d'où elle s'échappe et, par suite, au liquide que contient ce dernier, un son exactement à l'unisson de celui que rendrait le choc de la partie discontinue contre une membrane. Le liquide qui afflue de l'intérieur du vase vers l'orifice traverse celui-ci en accomplissant ses vibrations ; si donc ces dernières sont dirigées dans le sens vertical, chaque portion de la veine qui passera à la section contractée en exécutant une vibration descendante, sera animée de la vitesse » d'écoulement augmentée de toute celle de la vibration, « et conséquemment elle contiendra plus de liquide que la portion qui aurait passé dans le même temps en l'absence des vibrations. L'excès de vitesse tendra, à la vérité, à se communiquer à la partie de la veine située au-dessous de celle que nous considérons ; mais, en faisant pour un moment abstraction des forces figuratrices, nous devrons admettre du moins que cette partie inférieure opposera une certaine résistance en vertu de son inertie et que, par suite, l'excès du liquide amené par l'excès de vitesse tendra à se répartir dans le sens horizontal ou, en d'autres termes, à remplir la portion à laquelle il appartient. »

De là, « si la figure à peu près cylindrique que prendrait la veine par les seuls effets du mouvement de translation du liquide et de la forme circulaire de l'orifice était une figure d'équilibre stable, la portion qui, par l'action de la vibration descendante, se renfle pendant qu'elle passe à la section contractée, exercerait en même temps un effort pour revenir à sa forme première ; d'où il suit nécessairement que, dans l'hypothèse dont il s'agit, à mesure que le renflement se forme, il se propagerait aux tranches sous-jacentes, et constituerait sur la surface de la veine une onde renflée d'une certaine longueur, laquelle marcherait avec une vitesse qui serait la somme de celle de sa propagation et de celle du liquide. Alors aussi la portion de la

veine qui passerait ensuite à la section contractée en exécutant une vibration ascendante, et qui, par conséquent, franchirait cette section avec la vitesse » d'écoulement « diminuée de celle de la vibration, produirait, par les raisons contraires, une onde étranglée de même longueur que l'onde renflée, et qui marcherait derrière celle-ci avec la même vitesse ; puis viendrait une nouvelle onde renflée, suivie d'une nouvelle onde étranglée, et ainsi de suite, tant que durerait la communication des mouvements vibratoires.

» Mais, en vertu de l'instabilité de la figure cylindrique et de la tendance de la veine à la transformation en sphères isolées, les choses se passeront d'une tout autre manière. Imaginons que l'extrémité inférieure de l'un des renflements qui se formeraient par l'action seule des forces figuratrices dues à l'instabilité franchisse la section contractée au moment précis où commence dans le liquide une vibration descendante. Alors, puisque les forces figuratrices poussent d'une manière continue, dans cette portion de la veine, un excès de liquide qui la renfle sans qu'elle ait aucune tendance à revenir sur elle-même, on voit que la quantité de liquide amenée en même temps par la vitesse additionnelle due à la vibration descendante pourra se répartir dans le sens horizontal et contribuer à la formation du renflement, sans avoir à surmonter une tendance contraire. En outre, puisque la durée de la vibration est égale au temps qu'emploie à passer par la section contractée la portion de la veine dont les forces figuratrices feraient à elles seules un renflement naissant, l'extrémité supérieure de cette portion franchira la section contractée au moment précis où la vibration finira, de sorte que l'action immédiate de celle-ci se sera exercée sur toute la portion dont il s'agit, et seulement sur cette portion. Enfin, puisque le renflement produit par les actions combinées dont nous venons de parler n'a aucune tendance à s'effacer, il ne se propagera point aux parties sous-jacentes et,

par conséquent, il ne donnera point lieu à une onde. Ainsi la portion considérée de la veine sera plus renflée, dès sa formation, qu'elle ne l'eût été en l'absence des mouvements vibratoires ; mais elle aura la même longueur et descendra avec la même vitesse que dans ce dernier cas.

» Après la vibration descendante viendra une vibration ascendante, et celle-ci diminuant la vitesse du passage à la section contractée, il en résultera, comme nous l'avons déjà dit, dans la portion de la veine qui passe sous son influence, une diminution de volume, de sorte que cette portion tendra à s'amincir ; mais, les forces figuratrices tendant à faire de cette même portion un étranglement naissant, l'amincissement dû à la vibration s'effectuera aussi sans rencontrer de tendance opposée et, par conséquent, sans donner lieu à la formation d'une onde. On voit donc que, de même que le renflement qui le précède, l'étranglement ainsi formé par la double action des forces figuratrices et de la vibration sera plus prononcé, mais aura la même longueur, et descendra avec la même vitesse, que si la veine était abandonnée à la seule action des forces figuratrices.

» Enfin la même chose aura lieu à l'égard de tous les autres renflements et étranglements : en vertu de l'égalité entre le temps qu'emploie chacune de ces portions de la veine à passer à la section contractée et la durée de chaque vibration, tous les renflements coïncideront avec les vibrations descendantes, et tous les étranglements avec les vibrations ascendantes ; les uns et les autres conserveront conséquemment leur longueur et leur vitesse de translation, mais tous quitteront la section contractée plus prononcés ou, en d'autres termes, dans une phase plus avancée de la transformation, que si l'on n'eût point produit les mouvements vibratoires. »

Le résultat immédiat d'une modification de cette nature, opérée dans la constitution de la veine à proximité de l'orifice, est de diminuer le temps qu'une division emploie à se séparer des divisions voisines et à se constituer en

masse isolée. Dans ces conditions, la portion continue de la veine se trouvera nécessairement raccourcie. En outre, puisque les renflements sont plus développés, dès l'origine, l'épaisseur apparente de la portion limpide se montrera accrue.

L'influence des vibrations ne s'arrêtera pas là : « en effet, les vitesses des vibrations descendantes et ascendantes, vitesses qui, ainsi que nous l'avons fait voir, changent de directions dans les renflements et les étranglements pour produire un plus grand développement transversal des premiers et un plus grand amincissement des seconds, ne peuvent s'anéantir, dans chacune de ces portions, » au moment où le passage par la section contractée est achevé. Ces vitesses « changées en vitesses transversales continueront donc, comme vitesses acquises, à s'ajouter à celles qui résultent des forces figuratrices. » L'effet de cette dernière influence sera par conséquent un accroissement des aplatissements et des allongements périodiques que l'on observe, après la séparation des divisions, dans les masses isolées auxquelles ces divisions ont donné naissance : les ventres de la partie discontinue de la veine seront plus élargis et les nœuds moins épais. Ce phénomène sera d'autant plus prononcé que les vibrations communiquées au liquide du réservoir auront plus d'intensité.

Dans cette analyse de l'influence exercée sur la veine par le son propre du jet ou, avec plus d'énergie, par un son fort ayant même hauteur que le premier, Joseph Plateau suppose que les vibrations du liquide du réservoir sont dirigées suivant la verticale, à l'orifice d'écoulement. Cette supposition, bien que naturelle, n'est nullement exigée par le raisonnement. « Quelle que soit la direction réelle suivant laquelle les molécules liquides exécutent, en franchissant l'orifice, les vibrations qui leur sont transmises, on pourra toujours, sauf dans le cas tout exceptionnel où cette direction serait exactement horizontale, décomposer chaque vibration en deux autres, dont l'une horizontale

n'influera point sur la transformation des divisions de la veine, et dont l'autre verticale exercera toute son action. » L'éminent physicien admet, en outre, que le moment où chaque vibration descendante prend naissance est aussi celui où l'extrémité inférieure de chaque renflement passe par la section contractée ; « mais si, dans les premiers instants où les vibrations se font sentir, cette coïncidence n'a pas lieu, » la lutte qui se produira immédiatement entre les actions des forces figuratrices et celles des vibrations ne tardera pas à l'amener.

Les conclusions de l'analyse précédente s'accordent parfaitement avec les phénomènes observés par Savart. En suspendant le réservoir sur des coussins de drap afin d'éteindre les petites vibrations excitées dans le liquide du vase par le son propre de la veine, l'habile expérimentateur constata que, dans ces conditions, la partie continue du jet était longue et effilée ; de plus, à la surface apparente de la partie discontinue, les ventres et les nœuds étaient presque effacés. Dès qu'on produisait, à proximité de l'appareil, le son propre de la veine par le moyen d'un instrument de musique, la partie continue du jet se raccourcissait immédiatement et prenait plus d'épaisseur ; en outre, les nœuds et les ventres de la partie discontinue se dessinaient avec une grande netteté. Les nœuds étaient longs et minces, les ventres larges et ramassés. Quand l'instrument « se taisait, tout disparaissait ; quand il recommençait à parler, les divisions se reformaient, » et, à chaque émission sonore, on avait des mouvements correspondants dans la veine (1). Dans ces expériences, la partie continue du jet se raccourcissait quelquefois de plus des deux tiers.

Lorsque « l'instrument que l'on fait résonner dans le voisinage de l'appareil rend un son autre que l'unisson de celui qui est propre à la veine, les vibrations ne se succè-

(1) Jamin et Bouty, *Cours de physique de l'École polytechnique*, 3e édition, t. 1er, 2e fascicule, Physique moléculaire, p. 98.

dant plus aux mêmes intervalles que les passages des renflements et des étranglements dus aux forces figuratrices, il ne peut plus y avoir concours incessant entre les deux espèces d'action ; mais celles-ci ne peuvent pas non plus être incessamment en lutte, et l'on comprend que de ces alternatives d'accord et d'opposition doivent résulter des effets très compliqués. » En continuant le mode d'analyse exposé ci-dessus, Plateau est parvenu à démêler ces effets, du moins jusqu'à un certain point. Voici les conclusions auxquelles son raisonnement le conduit.

Quand le son produit est plus aigu ou plus grave que celui de la veine, « la partie continue doit prendre périodiquement des longueurs différentes. »

La plus courte de ces longueurs « doit être moindre que ne l'était la longueur de la partie continue unique, avant l'action de l'instrument ; mais le raccourcissement ne doit pas être aussi grand que dans le cas de l'unisson. »

La veine doit présenter, mais d'une manière moins décidée que pour l'unisson, « une petite augmentation d'épaisseur dans la portion limpide, et un système de ventres et de nœuds dans la partie trouble.

» Tous ces phénomènes doivent être d'autant moins prononcés que le son de l'instrument s'éloigne davantage de l'unisson, en sorte que les sons qui s'écartent par trop de cet unisson, soit au-dessus, soit au-dessous, doivent paraître inactifs. »

Les effets observés par Savart dans des veines soumises à l'influence de vibrations sonores de grande intensité sont entièrement conformes à ces exigences du raisonnement théorique.

La partie discontinue des veines liquides lancées obliquement à l'horizon présente en outre un phénomène extrêmement curieux. Ce phénomène a été signalé et étudié avec soin par Savart. Quand une veine, soustraite à l'influence des sons extérieurs, est lancée obliquement à l'horizon, sous un angle compris entre 25 et 50 degrés, « la

partie discontinue se montre éparpillée, dans un même plan vertical, en une sorte de gerbe. Sous l'action de vibrations » sonores d'une période déterminée, il peut arriver que la gerbe se résolve en deux jets bien distincts, ayant chacun leurs ventres et leurs nœuds régulièrement formés ; il peut même se faire que, pour un autre son déterminé, la gerbe se trouve remplacée par trois jets ; enfin, il y a toujours un son qui réduit la veine entière à un seul jet présentant un système de ventres et de nœuds parfaitement réguliers, et ce son est aussi celui qui produit le plus grand raccourcissement de la partie continue.

Pour rendre raison de ce phénomène, Joseph Plateau considère, dans la partie continue du jet, deux étranglements en voie de formation avec le renflement qu'ils comprennent entre eux. « Chacun de ces étranglements, d'abord très faiblement indiqué lorsqu'il quitte la section contractée, s'approfondit ensuite graduellement dans le trajet de la partie continue, en envoyant la moitié de son liquide dans le renflement. » Celui-ci « reçoit donc, par son extrémité antérieure, du liquide qui y est chassé en sens contraire du mouvement de translation, et, par son extrémité postérieure, du liquide qui y est chassé dans le sens même de ce mouvement, en sorte que sa vitesse de translation tend à être diminuée par le premier de ces afflux et à être augmentée par le second.» Bien que « ces deux actions opposées soient en général inégales, parce que l'étranglement antérieur est, à chaque instant, dans une phase un peu plus avancée de transformation que le postérieur, cependant, si les deux étranglements étaient parfaitement identiques à leurs naissances respectives et si, par suite, ils ont subi identiquement, quoique non tout à fait aux mêmes instants, les mêmes modifications » jusqu'à leurs ruptures définitives, il est évident qu'après ces ruptures, « c'est-à-dire au moment où le renflement se trouvera à l'état de masse isolée, la somme des quantités de mouvement apportées dans cette masse par l'étranglement antérieur aura été absolu-

ment compensée par celle des quantités de mouvement qui y ont été apportées, dans l'autre sens, par l'étranglement postérieur, et qu'ainsi cette même masse quittera la partie continue avec la vitesse » du mouvement général de translation. Mais il est clair que la compensation ne sera plus entière, si les deux étranglements différaient à leur naissance, par exemple, s'ils étaient inégaux en longueur. Les petites différences de longueur à la naissance, dans les étranglements successifs, auraient pour résultat d'établir de petites inégalités entre les vitesses de translation des masses isolées : dès lors, ces masses parcourraient des paraboles d'inégale amplitude, et s'éparpilleraient, en formant la gerbe, dans un même plan vertical. Or, ces petites différences dans la longueur des étranglements ne sont pas rares ; elles ont été fréquemment observées par Plateau dans la transformation des masses cylindriques.

Supposons maintenant que l'on soumette à l'influence d'un instrument sonore une veine dont la gerbe est nettement formée. Le son « dont les vibrations se succèdent aux mêmes intervalles que les passages, à la section contractée, des étranglements et des renflements dus aux forces figuratrices, » sera certainement celui qui raccourcira le plus la partie continue du jet. D'autre part, si l'intensité du son est suffisante, les vibrations régulières et isochrones produites dans le liquide du réservoir, aux abords de l'orifice d'écoulement, empêcheront « les causes perturbatrices de modifier les étranglements naissants ; » car, en activant la transformation de la veine, elles y apporteront leur régularité. De la sorte, tous les étranglements auront même longueur, et les masses isolées suivront toutes la même trajectoire. Sous l'influence de ce son, la gerbe devra donc disparaître et la veine se réduire à un jet unique.

« Quant aux effets singuliers de réduction de la gerbe à deux ou trois jets sous l'influence d'autres sons, il fallait, pour en tenter l'explication, connaître les rapports des

sons dont il s'agit avec le son principal, rapports que Savart n'indique point. » Par ses recherches expérimentales Joseph Plateau a trouvé que le son qui change la gerbe en deux jets distincts est l'octave grave du son principal, et que celui qui la change en trois jets est la double octave grave du même son. Entre la tierce au-dessous de l'octave grave et la double octave, on obtient tantôt deux, tantôt trois jets, et quelquefois un jet unique. L'illustre physicien belge a essayé ensuite de rendre raison de ces faits remarquables. Nous ne suivrons pas l'auteur dans le développement de cette explication délicate ; le lecteur qui serait désireux de connaître les vues de Plateau sur ce sujet, lira avec intérêt les dernières pages de la troisième série de ses recherches sur les figures d'équilibre des masses liquides soustraites à l'action de la pesanteur.

Nous avons vu que, parmi les figures d'équilibre de révolution, la sphère occupe le premier rang : elle est la seule surface qu iappartienne à la catégorie des surfaces fermées ; toutes les autres ont des nappes infinies. Après la sphère, viennent le plan et le cylindre. Les propriétés du cylindre nous ont conduit à l'explication rationnelle de la constitution de la veine liquide. Pour compléter la série des figures d'équilibre de révolution, il est nécessaire que nous signalions trois formes nouvelles. Nous allons finir cet article en disant quelques mots de chacune d'elles.

Je suppose que nous prenions un cylindre en fer, de 14 centimètres de longueur, par exemple, et de deux centimètres de diamètre. Après l'avoir soigneusement frotté d'huile, introduisons-le au sein du mélange alcoolique ; puis mettons-le en contact, par le milieu de sa longueur, avec une sphère d'huile d'un volume convenable. Voici ce que nous remarquerons : l'adhérence une fois établie, la masse liquide s'étendra sur la surface du cylindre de manière à envelopper une portion de la longueur de celui-ci ; elle perdra sa forme sphérique, et constituera une figure de révolution dont la ligne méridienne change de

courbure en allant vers ses deux extrémités, pour devenir, en ces deux points, tangente à la génératrice du cylindre.

Cette figure d'équilibre peut encore être produite en faisant adhérer une masse d'huile à deux disques solides, égaux, en regard et convenablement écartés. « Quand on essaie cette réalisation, en attachant aux deux disques une masse d'huile plus grande que celle qui doit constituer la figure, » et qu'on absorbe graduellement l'excès de liquide au moyen de la petite seringue en verre, « l'opération marche sans difficulté tant que les éléments de la ligne méridienne qui aboutissent aux bords des disques s'écartent notablement du parallélisme avec l'axe ; mais lorsqu'ils sont près d'atteindre ce parallélisme, » ou, en d'autres termes, lorsqu'on approche de la figure que l'on veut obtenir, il faut agir avec précaution, cette forme d'équilibre ayant peu de stabilité. En conduisant l'opération avec ménagement, et en n'enlevant l'huile, vers la fin, que par petites quantités, on parvient finalement à la figure cherchée.

Cette figure varie de forme, en se rapprochant ou en s'éloignant de la figure cylindrique, suivant que le rapport du diamètre des disques à la distance qui les sépare augmente ou diminue. Une fois obtenue, « la cause la plus légère, telle qu'un petit mouvement imprimé à la masse par le bec de la seringue, » suffit pour en déterminer l'altération graduelle, puis la destruction : « on la voit s'amincir près de l'un des disques ; cet amincissement se prononce de plus en plus, l'huile se porte en plus grande quantité du côté de l'autre disque, et la masse finit par se séparer en deux parties. » On doit inférer de là que cette figure d'équilibre est à sa limite de stabilité.

La figure d'équilibre dont il s'agit n'est évidemment qu'une portion d'une figure plus complète. La ligne méridienne de cette dernière est « une courbe ondulée s'étendant à l'infini le long de l'axe, dont elle se rapproche et s'éloigne périodiquement de quantités égales. » La figure

elle-même s'étend à l'infini et se compose d'une suite régulière de renflements et d'étranglements égaux ; Joseph Plateau lui a donné le nom d'onduloïde.

« Il est aisé de comprendre comment l'équilibre peut exister dans une semblable figure, bien que, sur les parties renflées, la courbure soit convexe dans tous les sens autour d'un même point, tandis que, sur les parties étranglées, la courbure est convexe dans certains sens et concave dans d'autres ; c'est que, sur ces dernières parties, les courbures convexes ou positives sont plus fortes que les courbures concaves ou négatives, de manière que la moyenne » des courbures « en chaque point est positive et égale à celle qui correspond aux différents points des parties renflées.

» De ce que, dans l'onduloïde, la courbure moyenne est positive, il résulte nécessairement que, toutes les fois qu'on réalisera une portion quelconque d'onduloïde entre deux anneaux, les bases qui s'appuieront sur ceux-ci seront des calottes sphériques convexes. »

Quand on réalise entre deux anneaux, par les procédés indiqués ci-dessus, l'équilibre stable d'une masse liquide ayant la forme cylindrique, et qu'on rapproche ensuite les anneaux, la nouvelle surface d'équilibre comprise entre les anneaux est un segment renflé d'onduloïde. La section circulaire qui correspond au maximum de renflement divise le segment en deux parties égales. Si, au lieu de rapprocher les anneaux, on les écarte, la surface d'équilibre, comprise entre les anneaux, se transforme en un segment étranglé d'onduloïde dont le cercle de gorge occupe le milieu. Dans les deux cas, les portions du liquide qui s'appuient sur les anneaux sont terminées par des calottes sphériques convexes.

Si le rapport de la distance des anneaux à leur diamètre ne dépasse pas deux tiers, on peut, dans le cas d'un segment étranglé, faire disparaître peu à peu la convexité des calottes sphériques et rendre les bases de la masse liquide absolument planes. Il suffit, pour cela, d'enlever

du liquide à l'aide de la petite seringue en verre. Dans ces conditions, la courbure moyenne de la surface comprise entre les anneaux est nulle, et la ligne méridienne de cette portion de surface est un arc de chaînette, ainsi qu'il est facile de le faire voir. « La chaînette est, comme on sait, la courbe que forme, dans l'état d'équilibre, une chaîne pesante et parfaitement flexible suspendue à deux points fixes. » Joseph Plateau a donné à cette nouvelle figure d'équilibre le nom de caténoïde.

Si on continue à enlever du liquide, les bases de la masse fluide en équilibre se creusent et deviennent des calottes sphériques concaves. Dans ce cas, la courbure moyenne de la surface comprise entre les anneaux est négative. Plateau a donné à cette dernière surface d'équilibre le nom de nodoïde.

Les seules figures d'équilibre de révolution d'une masse liquide soustraite à l'action de la pesanteur sont la sphère, le plan, le cylindre, l'onduloïde, le caténoïde et le nodoïde.

Les principales propriétés de l'onduloïde, du caténoïde et du nodoïde ont été établies par Plateau, à l'aide du simple raisonnement, sans recours aucun à l'analyse. Le physicien belge avait, dans ces sortes de recherches, un sens géométrique exquis : ce que le calcul analytique ne trouve qu'avec peine, il le concevait presque sans effort et le démontrait, en le rattachant à quelque propriété physique. Ses raisonnements pleins de pénétration et de finesse rappellent souvent à l'esprit du lecteur le coup d'œil de Foucault, comme ses recherches expérimentales, par la direction qu'il sait leur imprimer, éveillent tout naturellement le souvenir de la méthode de Faraday. Nous regrettons de ne pouvoir entrer à ce sujet dans des détails circonstanciés. Nous nous contenterons de renvoyer le lecteur à la quatrième série des recherches de Plateau sur les figures d'équilibre des masses soustraites à l'action de la pesanteur.

Un nouveau champ d'exploration va s'offrir à ce cher-

cheur infatigable, dont le talent se développe dans l'exercice.

Les lames liquides atteignent presque, par la petitesse de leur épaisseur, l'ordre de grandeur des distances intermoléculaires : elles doivent, par cela même, être le siège de phénomènes spéciaux. Leur étude, dit M. Faye, touche aux points les plus délicats de la mécanique moléculaire. Newton y a trouvé le sujet de ses plus belles recherches d'optique. Plateau, non moins heureux, y découvrira, outre la confirmation d'un principe nouveau, le secret d'une infinité de phénomènes physiques. Arrivé ainsi à l'apogée de sa gloire, nous le verrons faire école, et rencontrer, dans une habile collaboration, avec la consolation de sa vieillesse, le développement et le couronnement de son œuvre.

J. Delsaulx, S. J.

(La fin prochainement.)

BIBLIOGRAPHIE.

I

Manuel de télégraphie pratique, par R.-S. Culley : traduit de l'anglais sur la 7e édition, par M. Henri Berger et M. Paul Bardonnaut. — Paris, Gauthier-Villars, 1 vol. in-8° de xi-659 pages, 1882.

Il est inutile ici de faire ressortir l'importance actuelle de la télégraphie électrique, la place qu'elle tient dans les relations politiques, sociales, économiques du monde entier. Mais ce qu'il importe de rappeler, c'est que, depuis les premiers pas d'Ampère dans la voie de la transmission électrique de la pensée à distance jusqu'à l'invention du téléphone, l'art de la télégraphie a subi des modifications aussi inattendues que profondes ; ses appareils se sont transformés, compliqués à un degré inouï, en même temps que les problèmes posés et les solutions tentées devenaient plus difficiles et plus audacieux. La télégraphie est aujourd'hui une science spéciale, qui demande une sérieuse initiation et à laquelle de nombreux ouvrages ont été consacrés. Citons seulement : Du Moncel, *Traité théorique et pratique de télégraphie électrique* (1864), et une bonne partie de son ouvrage *sur les applications de l'électricité ;* Gloesener, *Traité général des applications de l'électricité ;* Bontemps, *Les Systèmes télégraphiques ;* Blavier, *Télégraphie électrique ;* Bréguet, *Télégraphie domestique ;* Caselli et Bonelli, *Description des télégraphes électro-chimiques ;* Zetzche, *Handbuch der elektrischen telegraphie* (1878), et une foule d'autres écrits de Guillemin, de Le Tual, de Beaudouin, etc.

Une des qualités essentielles de ces sortes d'ouvrages est d'être vraiment *pratique*, car leur destination est principalement de servir à la formation des ingénieurs et employés du télégraphe ; c'est cependant une des plus rares, les auteurs se laissant toujours aller à écrire plutôt pour un professeur qui expose que pour un aspirant qui cherche à s'assimiler des connaissances usuelles. Sous ce rapport, aucun ouvrage ne nous paraît appelé à rendre autant de services que le *Manuel* de M. Culley, dont l'édition française donnée par MM. Berger et Bardonnaut se recommande d'ailleurs par de très intelligentes additions, et par la superbe impression qu'elle doit à M. Gauthier-Villars. Nous allons essayer de donner une idée rapide de cet ouvrage remarquable par son extrême clarté, par l'abondance des détails techniques et professionnels ; il ne renferme pas moins de 625 pages grand in-8° et de XVIII tableaux d'un sérieux intérêt.

Le *Manuel* de Culley se décompose en douze parties d'étendue très inégale. La première a pour objet les sources d'électricité. Après les notions essentielles sur les phénomènes électriques, les corps conducteurs, le *potentiel* des systèmes électrisés, que l'auteur compare très justement à l'idée de la *pression* quand il s'agit des liquides, elle traite spécialement de l'électricité voltaïque et des piles. Nous trouvons là des notions exactes sur les distinctions à faire entre la *quantité* d'électricité fournie par une pile, le potentiel du courant, etc., ainsi qu'une foule de détails pratiques sur la construction et l'entretien des piles, spécialement sur la pile Daniell, que l'auteur paraît considérer comme la plus convenable dans les applications à la télégraphie à cause de sa constance. Il donne cependant une description succincte des piles Minotto, Leclanché, Marié-Davy, de la pile au bichromate de potasse et des piles secondaires.

La deuxième partie expose les lois des courants électriques et spécialement la loi d'Ohm, exprimant la relation entre la force électro-motrice de la pile, la résistance des fils conducteurs et des appareils, et la force du courant ou la quantité d'électricité qui traverse le circuit en une seconde. A cette occasion, l'auteur explique les différentes unités électriques récemment adoptées, le *volt*, l'*ohm*, le *farad*, pour lesquelles nous renverrons à l'excellent article de M. Witz (1). Il fait ensuite l'application de la loi d'Ohm à la solution de diverses questions, concernant l'effet des *courants dérivés* ou de la rupture du fil en un point, ou du mauvais isolement de ce fil. Par exemple : la force électro-motrice

(1) *Revue des questions scientifiques*, t. XI.

de la pile A est 1000 ; sa résistance est de 10 ohms, celle de l'appareil récepteur de 10 ohms aussi, celle de la ligne isolée 80 : calculer le courant. Ajoutons en passant que, dans tout l'ouvrage, l'auteur fait usage d'un système de figures symboliques et conventionnelles qui répandent une grande clarté sur ses explications et permettent de suivre la théorie des phénomènes les plus complexes.

La troisième partie explique le rôle de la terre considérée comme faisant partie du courant, et en particulier comment le fil de retour a pu être supprimé, ce qui a été un des grands progrès de la télégraphie.

Dans la cinquième partie, M. Culley traite de l'*induction ;* — induction statique ou électrisation par influence, bouteille de Leyde, condensateurs, électrophore, table des capacités inductives des principales substances isolantes ; — induction dynamique, moyens d'augmenter l'intensité des courants induits, bobine de Ruhmkorff ; courants produits par le mouvement d'un aimant, machine de Clarke, machine de Gramme, sur laquelle l'auteur donne des notions très insuffisantes, l'objet se rattachant au reste d'une manière un peu éloignée à celui qui l'occupe.

Dans la sixième partie (électricité atmosphérique), nous rencontrons des détails assez neufs et assez curieux sur le rôle de l'électricité naturelle dans les lignes télégraphiques, non seulement au point de vue des accidents que la foudre peut y provoquer, mais aussi au point de vue des courants que la terre y envoie, et qui sont parfois assez puissants pour qu'on s'en soit servi pour des transmissions. Moyens de se préserver des perturbations que ces courants occasionneraient.

Avec la septième partie, l'auteur entre réellement dans le cœur de son sujet. Il y traite de la construction des lignes télégraphiques, des supports, des isolateurs et des commutateurs. On sait que les lignes télégraphiques sous le sol, d'abord abandonnées à cause de l'imperfection des procédés d'installation, reprennent aujourd'hui faveur. En Belgique et dans beaucoup d'autres pays, les fils télégraphiques sont encore, cependant, installés à l'air libre sur des poteaux. La conservation de ces poteaux est une question grave. Les systèmes les plus employés sont l'injection au sulfate de cuivre par le procédé Boucherie, usitée surtout en Allemagne, et l'injection à la créosote. L'auteur expose en détail les opérations dans les deux systèmes, et discute soigneusement leurs avantages et leurs inconvénients respectifs, leurs prix de revient, la durée des poteaux injectés. Il paraît préférer l'emploi de la créosote, en quoi il s'accorde avec la plupart des orateurs

du Congrès d'électricité de 1881 (1), bien que M. Elsasser ait préconisé alors la préparation au sulfate de cuivre comme donnant d'excellents résultats.

M. Culley traite ensuite des fils eux-mêmes, de leurs dimensions appropriées, des qualités qu'ils doivent posséder et des essais auxquels on doit les soumettre ; il donne le moyen de calculer leur tension d'après le diamètre du fil, la distance des poteaux et la *flèche* de la chaînette formée par le fil, avec un grand nombre d'applications. — Différents modes de raccordement ou de jonction des parties d'un fil, système anglais, français ; installation dans les villes, précautions à prendre, accidents possibles, mauvais isolement des fils à cause de la poussière ; préférence à donner aux lignes souterraines. — Isolateurs : on doit attacher une grande importance à cette question, à cause des pertes d'électricité occasionnées par un mauvais isolement. M. Culley recommande les isolateurs de petites dimensions, en porcelaine ou en grès, nettoyés fréquemment et bien exposés à la pluie qui, en les lavant, fait disparaître une des principales causes de déperdition de l'électricité.

Les fils souterrains, employés en Allemagne pour des communications très longues et très importantes, ont l'avantage d'être moins exposés à la malveillance, aux chances de la guerre, aux effets du vent, etc... Mais, par contre, les installations demandent de plus grands soins, à cause de la plus grande facilité d'un mauvais isolement, et de l'embarras extrême qu'occasionnent les réparations. M. Culley recommande de les placer par paquets dans des tuyaux, bien enveloppés de gutta-percha et de bitume ; il insiste avec une autorité particulière sur l'importance des joints, bien faits et ne consacre pas moins de sept pages à des détails minutieux sur ce travail, avec force recommandations sur la propreté qu'il exige de la part des ouvriers. Aussi recommande-t-il de confier le travail aux ouvriers mêmes qui en auraient à faire la réparation en cas d'avarie. Cette partie se termine par l'indication des divers commutateurs, à cheville, à levier, et surtout de l'ingénieux *commutateur suisse*.

La huitième partie (essais électriques) traite des expériences à faire pour déterminer les conditions électriques dans lesquelles se trouve un appareil ou un fil. Les instruments employés à cet effet sont les différents galvanomètres, la boussole des sinus, celle des tangentes, le galvanomètre à miroir de Thomson, le galvanomètre différentiel, la

(1) *Compte rendu* des travaux du Congrès, pp. 307-312.

caisse de résistance et la balance ou *pont de Wheatstone*, appareil fort important pour les essais délicats sur les fils télégraphiques. On sait qu'il sert à comparer la résistance sur un fil déterminé avec celle d'un groupe de bobines faisant partie d'une caisse de résistance, et qu'il est basé sur ce principe : Si l'on réunit deux fils, partant d'une même pile, en des points où le potentiel est le même, il ne se produit aucun courant dans le fil de jonction ; mais, s'il existe une différence de potentiel entre les deux points, il y a toujours un courant accusé par le galvanomètre. On peut ainsi déterminer la quantité de résistance à mettre en jeu dans la caisse pour équilibrer celle du fil proposé et mesurer celle-ci en ohms. Tous ces appareils sont décrits avec détail, ainsi que les électromètres de Peltier et de Thomson. Vient ensuite un programme complet des expériences à instituer, soit pour déterminer chaque jour l'état des communications télégraphiques, des courants terrestres, etc., soit pour reconnaître, dans les cas d'interruption ou de communications défectueuses, si le défaut tient à la pile, au galvanomètre de la station de départ, ou s'il appartient au fil, et à quel point du fil ; s'il dépend d'un mauvais isolement, ou d'une rupture, etc... Toutes ces questions nous paraissent fort bien et fort clairement traitées, mieux pour les fils aériens que pour les fils souterrains.

L'étude des appareils et systèmes employés pour la transmission des signaux forme l'objet du chapitre suivant, l'un des plus étendus de l'ouvrage, et aussi des plus intéressants, surtout grâce aux additions des traducteurs français. Après une esquisse générale de l'organisation des lignes télégraphiques en Angleterre, nous y trouvons la description des appareils à cadran, à aiguille, de l'appareil alphabétique de Wheatstone à électro-aimant, à laquelle les traducteurs ont eu raison d'ajouter celle du télégraphe à cadran de Bréguet, si simple, si régulier, et encore employé dans une foule de stations secondaires. Puis viennent les appareils Morse, fort en usage aujourd'hui en Belgique et partout ; de courtes et rapides interruptions du courant de ligne par le manipulateur, agissant sur un électro-aimant à la station d'arrivée, y déterminent une succession de chocs. Ces chocs se traduisent dans le système de Bain, par des caractères colorés chimiquement sur une bande de papier ; dans l'appareil Morse à encre, par l'impression de *traits* ou de *points* en noir sur cette bande mobile. Tel a été le premier pas dans la voie des télégraphes *imprimeurs*, qui ont l'avantage de conserver la dépêche pour un contrôle ultérieur. Les détails sur le réglage, la manœuvre de ces divers appareils, sur leurs inconvénients et leurs défauts, sur les *relais* et les *translateurs* qui en facilitent

l'usage, sont donnés avec une étendue suffisante. Avec les appareils Stearns, nous entrons dans un des progrès récents et importants de la télégraphie, le travail en *duplex*, dans lequel deux dépêches sont transmises en sens contraire et simultanément par le même fil. La possibilité, longtemps contestée, d'un tel résultat est ici bien expliquée et mise en rapport avec les expériences pour déterminer la résistance d'un fil. La théorie et la pratique du duplex, en particulier l'exposition des appareils Stearns, sont amplement développées.

Sur l'appareil imprimeur de Hughes, dont l'emploi est assez général en France, M. Culley ne fournit que de brèves indications ; mais MM. Berger et Bardonnaut ont emprunté à Du Moncel une description très détaillée et figurée de cet appareil, dont la complication nous paraît d'ailleurs excessive. On sait que dans l'appareil Hughes, une roue à axe horizontal, portant en saillie à sa circonférence des caractères d'imprimerie, marche constamment sous l'action d'un mouvement d'horlogerie. Le manipulateur de la station de départ se compose d'un clavier dont chaque touche correspond à une lettre de l'alphabet ; en agissant sur ces touches, l'employé détermine le passage ou l'interruption du courant à un instant déterminé, et par suite l'application de la bande de papier contre le caractère qui se trouve en face d'elle à ce moment, et qui est précisément celui auquel répond la touche manœuvrée. Des figures bien faites, en nombre suffisant, aident à bien saisir les détails complexes de l'installation du système Hughes.

On lira avec plus d'intérêt, dans l'ouvrage que nous analysons, deux additions relatives à des inventions plus récentes et extrêmement remarquables : l'une est l'*Appareil Meyer à transmission multiple*, l'autre le *Télégraphe multiple imprimeur* de M. Baudot. On peut y voir à quel degré merveilleux de perfection est aujourd'hui arrivé l'art de faire rendre aux lignes le maximum d'effet.

Un fil pouvant transmettre en une seconde 500 émissions perceptibles, il est clair que le travail d'un seul employé ne saurait suffire, quelque promptitude qu'il y mette, à occuper le fil. On a donc cherché à répartir le travail sur plusieurs expéditeurs, et, dans la transmission simplement *quadruple*, quatre employés se partagent la seconde de façon que chacun envoie deux signaux par seconde et n'occupe le fil chaque fois que pendant $\frac{1}{8}$ de seconde. Ce résultat est obtenu par l'appareil Meyer, dont la description (qui est originale et n'occupe pas moins de 25 pages) ne saurait trouver place ici. Il suffira de dire que quatre claviers sont à la disposition de quatre employés ; les touches communiquent par des fils métalliques avec des lamelles conductrices

isolées, distribuées en secteurs sur un disque fixe, dont la surface est balayée par un frotteur tournant qui communique avec la ligne. Entre ces lamelles s'en interposent d'autres reliées à la terre, de sorte que pendant une rotation du frotteur il y a autant de passages du courant que de lamelles mises en communication avec la pile par les touches.

L'appareil imprimeur est des plus ingénieux. Chaque interruption du courant, à la station d'arrivée, se transmet dans une bobine, déplace un aimant, rend libre un châssis qui se soulève et vient presser le papier, déroulé par un mouvement d'horlogerie, contre une nervure hélicoïdale faisant saillie à la surface d'un cylindre tournant : cette nervure est encrée par un tampon, et l'action du courant détermine ainsi autant d'impressions brèves ou longues qui traduisent, dans un alphabet spécial, la lettre voulue par l'employé expéditeur. La grande difficulté consiste dans le maintien d'un synchronisme exact entre les mouvements des appareils correspondants des deux stations, et cela se fait par une disposition *correctrice* extrêmement ingénieuse qui, à chaque tour du cylindre, corrige la petite avance ou le petit retard qui se serait produit et remet incessamment les deux appareils en accord.

Plus ingénieux et plus parfait encore est l'appareil de M. Baudot, dont l'administration télégraphique française fait usage depuis quelques années sur les lignes les plus encombrées. Il est basé, comme celui de M. Meyer, sur le principe de la division du temps, permettant d'utiliser le même fil dans la même station par plusieurs *postes* travaillant successivement au moyen d'un *distributeur ;* mais il applique cet autre principe évident, que le maximum de rapidité dans l'expédition des dépêches ne peut s'obtenir que par des émissions de courant égales en durée et à des intervalles de temps réguliers. En adoptant cette dernière loi, on n'a plus pour caractériser les signaux que la ressource de faire varier le sens des courants, en alternant les émissions *positives* et *négatives*. M. Baudot constitue chaque lettre ou *caractère* par la réunion de cinq émissions d'égale durée ; l'inversion des polarités de cinq signaux, susceptibles chacun de deux valeurs, donne lieu à 32 combinaisons distinctes suffisantes pour les lettres de l'alphabet et pour quelques caractères particuliers. Ainsi la lettre A (ou le chiffre 1) se traduit par une émission positive suivie de 4 émissions négatives, et ainsi de suite.

Les postes des deux stations se correspondent deux à deux, en sorte que la communication télégraphique ne doit et ne peut avoir lieu qu'entre les employés de deux postes correspondants. Des organes à

mouvement régulier marchant synchroniquement *(distributeurs)*, placés aux deux stations, mettent en communication à chaque instant le fil de ligne avec deux postes correspondants, en passant successivement de chaque groupe au suivant. Les divers groupes ont ainsi, chacun à leur tour, l'usage du fil de ligne pendant un temps très court, suffisant pour échanger un caractère au moyen des cinq émissions régulières et successives, positives ou négatives, qui le caractérisent. La ligne est donc traversée continuellement par des courants, de sens variable, mais égaux en durée et également espacés, d'où résulte une communication aussi rapide que régulière.

Un *distributeur* se compose essentiellement d'un disque fixe partagé en *secteurs* correspondant aux divers postes, et chaque secteur comprend cinq *divisions* répondant aux cinq émissions et représentées par des plaques métalliques communiquant respectivement par cinq fils avec cinq *touches* placées sous les doigts de l'employé du poste. Un *frotteur* relié au fil de ligne est maintenu en mouvement de rotation uniforme et synchrone avec celui de la station correspondante ; il passe à chaque tour sur tous les secteurs et sur toutes les divisions de chaque secteur, en sorte que les deux frotteurs sont à chaque instant dans les divisions correspondantes des secteurs correspondants. Le rôle des touches est de mettre les divisions momentanément en communication avec le pôle positif d'une pile ou le pôle négatif d'une autre pile, les autres pôles étant à la terre.

Au repos, les touches sont levées et relient les divisions correspondantes de leur secteur au pôle de la pile négative. Le doigt de l'employé, en les abaissant, fait au contraire communiquer les divisions avec la pile positive ; celui-ci réalise donc, par la manœuvre des touches, la combinaison correspondante au caractère qu'il veut expédier, et le frotteur en passant successivement sur les cinq divisions lance dans la ligne cinq émissions positives ou négatives suivant la position des touches ; puis il passe au secteur suivant et transmet de la même manière le caractère voulu par le deuxième employé, etc. Un avertisseur sonore indique à chacun l'instant où il doit composer sa lettre.

A la réception, les secteurs sont partagés de la même manière et parcourus de même par le frotteur, mais les divisions d'un secteur sont reliées aux circuits de cinq bobines dont les armatures vont buter dans un sens ou dans l'autre suivant le sens du courant émis, en sorte qu'après le passage du frotteur les armatures reproduisent par leurs positions la combinaison effectuée au départ par les cinq touches du

manipulateur correspondant. Un appareil spécial, dont on peut au moins comprendre la possibilité par le réglage électrique des horloges, corrige et rétablit incessamment le synchronisme des appareils des deux stations reliées.

La combinaison recueillie à la station d'arrivée pourrait être notée et traduite par l'employé, mais M. Baudot, par des combinaisons très ingénieuses, qui font l'originalité de son appareil, a réalisé la *traduction* et l'*impression* des caractères, de sorte que le système donne *automatiquement*, sous la forme d'une bande de papier imprimée en caractères ordinaires, la traduction complète des mots expédiés.

Pour donner au moins une idée de cette invention merveilleuse, disons qu'un moteur spécial fait tourner autour d'un axe un chariot appelé *chercheur*, qui parcourt à chaque tour un cadran horizontal ou *combinateur*, divisé en secteurs ou cases correspondant aux 32 combinaisons employées; ce chercheur porte cinq *goujons* qui sont en quelque sorte son organe de tact, et qui, en s'appuyant sur le cadran, empêchent la chute d'un petit cadre pressé par un ressort. La disposition des cinq armatures de réception détermine l'*aiguillage* des cinq goujons, c'est-à-dire force chacun d'eux à s'engager dans une des deux voies circulaires qui lui sont ouvertes, voie dans laquelle il rencontre, en atteignant la case qui répond à la combinaison expédiée, une cavité qui supprime la pression entre le goujon et le cadran. Sur cette case donc, et sur celle-là seulement, les cinq appuis du petit cadre font défaut : il tombe, détermine un déclanchement mécanique qui signale le moment précis où le chercheur a rencontré cette combinaison et la position de la case correspondante. La roue des types, portant les caractères imbibés d'encre à sa circonférence, a un mouvement de rotation en correspondance avec celui du chercheur, de telle sorte que l'instant précis où le chercheur se trouve au-dessus de la case A est celui où la lettre A de la roue des types est en face de la bande de papier, qui se déroule à la manière ordinaire par un mouvement d'horlogerie. Le déclanchement produit un soulèvement instantané du papier qui vient presser contre le caractère, et la lettre se trouve imprimée.

Il faut lire dans l'ouvrage (pp. 544-595) les dispositions par lesquelles ce qui précède se trouve pratiquement exécuté, ainsi que les moyens ingénieux employés pour parer à différentes perturbations, aux courants persistants, etc.

Nous nous sommes attardé à l'analyse de ces curieux appareils. Il nous reste à peine la place pour signaler le chapitre relatif aux câbles

sous-marins (dixième partie), malgré son intérêt et les précieuses méthodes qu'il expose pour l'essai des câbles au point de vue de l'isolement, de la résistance et de la capacité inductive; le chapitre concernant les téléphones, et enfin les dix-huit tables qui terminent le volume, dont la dernière fournit des renseignements d'un grand intérêt sur les conditions mécaniques et électriques des principaux câbles récemment immergés.

G. L.

II

NAVIGATION STELLAIRE, par J.-A NORMAND. — Paris, 1883.

Jusqu'à une époque très récente, l'unique méthode employée régulièrement pour calculer le point à la mer était celle de la double observation du soleil à quelques heures d'intervalle. Un peu avant midi, on s'arme du sextant et on amène l'image doublement réfléchie du soleil en contact avec l'horizon par son bord inférieur. Le soleil continuant à monter, les deux images se séparent ; on rétablit le contact à l'aide de la vis micrométrique et on saisit le moment où il se maintient de lui-même. C'est l'instant où le soleil passe par le point le plus élevé du parallèle diurne qu'il décrit, ou, en d'autres termes, celui où la hauteur angulaire de l'astre atteint son maximum. On lit sur le limbe du sextant la hauteur du bord du soleil observé ; et on calcule, en tenant compte de la réfraction, de la parallaxe et du diamètre de l'astre, sa distance zénithale méridienne ; celle-ci conduit immédiatement à la connaissance de la latitude du lieu d'observation.

Quelques heures plus tard, on prend une nouvelle distance zénithale du soleil ; on ajoute à la latitude observée à midi le chemin parcouru par le navire dans le sens du méridien, dans l'intervalle des deux observations, et on arrive ainsi à connaître l'heure solaire vraie de la seconde observation. On en déduit l'heure moyenne et, par la comparaison avec l'heure du chronomètre, la longitude actuelle du navire.

Ce procédé est simple ; mais il s'accommode mal aux progrès de la navigation rapide, puisque les erreurs auxquelles il peut donner lieu dépendent des corrections qu'il faut faire subir à la latitude pour le déplacement du navire.

On a donc cherché à substituer à ces observations successives du

soleil, des observations simultanées de deux astres différents. Cette méthode nouvelle a été proposée, il y a une quarantaine d'années, par le capitaine américain Sumner, que le hasard mit sur la voie d'une solution très simple en elle-même du problème de la navigation astronomique (1).

C'était en 1837. Sumner se trouvait près des côtes de l'Irlande sans avoir pu faire d'observations depuis qu'il avait dépassé le méridien de 318° 30′. Le 17 décembre, vers 10^h 30^m du matin, pendant qu'il gouvernait est-nord-est, il put prendre une hauteur du soleil : il calcula sa longitude et trouva 339°43′. Mais la valeur de la colatitude employée dans le calcul de l'heure méritait bien peu de confiance, puisqu'on avait fait près de 700 milles sans une seule observation.

Sumner calcula donc deux autres longitudes, en partant chaque fois d'une colatitude de 10′ moins grande, et il remarqua que les trois points ainsi obtenus et marqués sur la carte, se trouvaient sur une droite dirigée est-nord-est et aboutissant au bateau-phare de Small. En supposant parfaite la marche du chronomètre, le vaisseau devait se trouver sur cette droite. La route est-nord-est fut donc maintenue ; et Sumner eut la satisfaction de se voir bientôt en vue du phare de Small.

De fait, ces trois points ne se trouvaient pas sur une même ligne droite, mais sur l'élément, à peu près linéaire, de la circonférence de tous les points de laquelle des observateurs auraient vu le soleil, au même instant, par la même distance zénithale que le capitaine américain.

Cette remarque, d'une simplicité extrême, conduit immédiatement à la méthode de Sumner. Il existe sur la surface terrestre un cercle de tous les points duquel on voit un astre déterminé, à un instant donné, par une même distance zénithale. Appelons-le cercle des hauteurs égales. Ce cercle a pour pôle le point de la surface du globe au zénith duquel l'astre se trouve au moment de l'observation, et pour rayon la distance zénithale observée. Il suffit donc de connaître, à un instant donné, l'heure du méridien initial et les hauteurs de deux étoiles pour pouvoir déterminer sur la surface de la terre et reporter sur la carte les deux cercles des hauteurs égales. L'observateur occupe un des deux points d'intersection de ces cercles. En général, le choix entre ces deux points ne sera pas douteux.

On peut appliquer le même principe à deux hauteurs différentes d'un même astre ; on peut aussi remplacer les cercles des hauteurs égales

(1) Faye, *Cours d'astr. de l'École polyt.*, deuxième partie, p. 386.

par des tangentes à ces cercles, appelées droites de hauteur. Mais, quelle que soit la voie dans laquelle on s'engage, la solution du problème de Sumner ne présente pas en pratique toute la simplicité qu'elle semble promettre et qu'elle a théoriquement.

Cette méthode cependant n'a pas manqué d'attirer l'attention des marins ; elle est entrée dans les traités de navigation ; elle a passé dans la pratique malgré les calculs assez nombreux et les constructions graphiques qu'elle exige ; et elle a provoqué, en fixant davantage l'attention sur la navigation stellaire, des solutions plus ou moins simples du problème de la navigation astronomique (1).

« Sans prétendre avoir trouvé la solution définitive de ce difficile problème, dit M. J.-A. Normand, dans le travail dont nous avons transcrit le titre en tête de cet article, je crois que la méthode exposée ci-après présente une valeur réelle. »

Cette méthode est basée sur les deux propositions suivantes que l'auteur développe et démontre dans son mémoire.

Première Proposition. — *L'ascension droite et la déclinaison des étoiles peuvent être considérées comme pratiquement invariables pendant toute l'année ; en d'autres termes, les variations maxima de ces valeurs pendant cette période de temps sont moindres que les erreurs d'observation à bord : à deux hauteurs d'étoiles, h et h', correspondent donc, pendant toute la durée de l'année, des valeurs pratiquement constantes de latitudes et d'angles horaires.*

Il suffit, pour s'en assurer, de se reporter aux valeurs des ascensions droites et des déclinaisons d'étoiles données dans la *Connaissance des temps*.

Il en résulte que l'on peut dresser, pour tout système de deux étoiles et pour une année déterminée, une table à double entrée dont les colonnes verticales correspondent aux hauteurs d'une étoile et les colonnes horizontales aux hauteurs de l'autre étoile ; à l'intersection de deux colonnes, on trouvera l'angle horaire d'une des deux étoiles et la latitude, quelle que soit l'époque de l'année où l'observation est faite.

Cette première table peut être remplacée par un diagramme dont les abscisses et les ordonnées correspondent aux hauteurs d'étoiles. On tracera sur ce diagramme deux systèmes de courbes représentant l'un la latitude, l'autre l'angle horaire de l'une des deux étoiles.

(1) Voir *Stellar navigation*, with new A, B and C tables for finding latitude, longitude and azimuth by easy methods ; by W.H. Rosser, 1883.

Bien qu'un nombre limité de paires d'étoiles soit suffisant pour tous les besoins de la navigation, on comprend sans peine qu'on recule devant le travail nécessaire pour le calcul et la publication annuelle des tables et des diagrammes nécessaires. Mais la seconde proposition, que nous allons transcrire, rend pratiquement illimité l'usage de la première table.

Deuxième Proposition. — *Pour des latitudes et des angles horaires déterminés, soit, d'après la proposition précédente, pour chaque système h, h' de hauteurs d'étoiles, ces hauteurs subissent des variations annuelles constantes.*

On peut donc construire une seconde table à double entrée indiquant les corrections annuelles qu'il faut appliquer aux hauteurs observées des deux astres pour pouvoir faire usage de la première table. Si l'observation a lieu n années après celle pour laquelle cette première table a été construite, on multipliera par n les corrections correspondantes inscrites dans la deuxième table.

On trouve dans le mémoire de M. J.-A. Normand une table des latitudes correspondant aux hauteurs simultanées h' d'Altaïr, comprises entre 35° et 45°, et h d'Arcturus, comprises entre 40° et 45°, calculées pour l'année 1882; une table des angles horaires (Est) d'Altaïr correspondant aux mêmes hauteurs simultanées et calculées aussi pour 1882; une table des corrections annuelles en secondes, pour ce système d'étoiles; et un diagramme correspondant aux deux premières tables.

Cette méthode n'est évidemment applicable ni aux hauteurs simultanées du soleil et de la lune, ni à celles d'un groupe quelconque de deux planètes, mais uniquement aux étoiles qui seules réalisent les propriétés énoncées dans les deux propositions précédentes. La dénomination de *navigation stellaire* lui convient donc parfaitement. Elle a l'inconvénient d'exiger que l'horizon reste bien visible, alors que les étoiles brillent au ciel. Mais cette condition réalisée, le soir ou le matin, à la faveur du crépuscule ou de l'aurore, la nuit à la clarté de la lune, elle présente de sérieux avantages. Elle réalise le desideratum de la navigation : l'emploi, pour le calcul du point, d'observations simultanées, exemptes par conséquent des erreurs de courants, de vitesse, etc. Grâce à cette simultanéité, on reste libre de choisir, pour l'observation, l'instant le plus favorable au point de vue de la visibilité de l'horizon, n'eût-il qu'une durée de quelques minutes. De plus, ces observations, faites la nuit, ont plus de chance d'échapper aux irrégularités de la réfraction ; et elles n'offrent pratiquement aucune difficulté, pourvu que l'horizon soit nettement défini.

Après s'être assuré de l'identité des étoiles dont il veut se servir, l'observateur prendra deux hauteurs d'un premier astre à un intervalle suffisamment court et une hauteur du second. Par une simple proportion, il ramènera la hauteur du premier astre à l'heure de l'observation du second.

Avec une feuille de papier quadrillé, le calcul se fait encore plus rapidement ; et l'on pourrait ainsi obtenir des hauteurs plus exactes, en en prenant plusieurs et en les réunissant par une courbe.

Si l'on veut une vérification des observations, chacune des étoiles dont l'angle horaire est donné par les tables ou les diagrammes doit être employée conjointement avec deux étoiles différentes. On obtiendra de la sorte deux valeurs de la latitude et deux valeurs de l'angle horaire ; et il suffira, pour calculer la longitude, d'employer la moyenne des deux angles horaires.

« Je suis très loin de prétendre, dit M. J.-A. Normand, en terminant son mémoire, que la méthode nouvelle doive, si elle est acceptée, faire écarter toutes les autres. L'observation du soleil présente des avantages tels, comme visibilité, qu'elle restera la seule possible dans un grand nombre de circonstances. Mais, lorsque les hauteurs d'étoiles peuvent être prises simultanément et exactement, elles fournissent des résultats d'une exactitude très supérieure et d'un calcul beaucoup plus simple. »

J. T.

III

S. E. Nordenskiöld. Voyage de la *Vega* autour de l'Asie et de l'Europe. Traduit du suédois par MM. Charles Rabot et Charles Lallemand, t. Ier, Paris, Hachette 1883.

Ce voyage est un des plus remarquables du XIXe siècle. Il a enfin résolu le problème du passage du nord-est, posé depuis plus de trois cents ans. Le Dr Nordenskiöld, qui a eu la gloire de mener à bonne fin cette entreprise déclarée impossible, n'a guère qu'une cinquantaine d'années, étant né à Helsingfors, en Finlande, le 18 novembre 1832. Dès sa jeunesse, il s'appliqua à la géologie ; et il avait déjà fait différents voyages géologiques en Allemagne et en Russie, quand il faillit être exilé en Sibérie pour le reste de ses jours, à propos de quelques mots

imprudents prononcés dans un banquet de jeunes gens à Helsingfors. Heureusement, averti à temps, il put se soustraire à la police russe et se réfugier en Suède. Il y devint professeur et conservateur du musée de minéralogie de Stockholm. Il prit part aux cinq expéditions polaires que le gouvernement suédois envoya au Spitzberg pour explorer l'océan Arctique, et commanda les trois dernières. Il visita la côte occidentale du Groënland et en reconnut la constitution géologique. Deux années de suite, en 1875 et 1876, il traversa la mer de Kara et remonta le Yéniséi. Il démontra ainsi expérimentalement qu'en partant en une saison favorable, on peut établir des relations directes, par mer, avec la Sibérie occidentale. Les récits des voyageurs russes qui ont exploré les mers sibériennes et ses propres études sur les mers arctiques l'avaient convaincu que la fonte des glaces par les eaux des grands fleuves de l'Asie septentrionale devait produire un chenal navigable le long des côtes à la fin de l'été. Si jusqu'à présent on n'avait pas réussi à faire le périple de l'Asie, cet insuccès provenait surtout de ce qu'on était parti trop tôt, et de ce qu'autrefois la navigation dépendait uniquement du vent, dont la vapeur nous permet aujourd'hui de ne pas tenir compte.

C'est le roi de Suède qui, avec MM. Dickson et Sibiriakoff firent les frais du voyage, pour lequel le parlement suédois vota également des sommes importantes. La *Vega*, commandée par le lieutenant Palander, déjà connu par d'autres voyages arctiques, avait à bord une commission, présidée par Nordenskiöld, de savants suédois et étrangers (G. de Bove, Italien, A. Hovgaard, Danois et O. Nordqvist, Russe). La *Vega* fut convoyée jusqu'à la Léna par le vapeur de ce nom appartenant à M. de Sibiriakoff, et jusqu'au Yéniséi par les vapeurs de commerce le *Fraser* et l'*Express*. Elle quitta Tromsö le 21 juillet 1878, traversa heureusement, dix jours après, le Yougar Schar, détroit qui sépare l'île de Waygats du continent européen, franchit sans obstacle la mer de Kara et alla le 6 août jeter l'ancre à l'île Dickson, qu'elle quitta le 10 août, dont le lieutenant Bove leva le port. Le 19 août, elle mouilla auprès du cap Tchelyouskin qu'on n'avait plus vu depuis 1742, époque de sa découverte, et dont aucun navire ne s'était approché avant la *Vega*. On pavoisa les navires et on salua d'une salve de coups de canon le point le plus septentrional de l'ancien monde. Le 20 à midi, on le doubla et l'on essaya d'atteindre l'archipel de la Nouvelle-Sibérie en courant directement à l'est, pour reconnaître s'il n'existait pas d'autres îles dans ces parages inexplorés. La glace mit obstacle à ce dessein et, revenant vers le sud, l'on put rectifier le tracé de la côte de la

presqu'île de Taimur, que les cartes font avancer beaucoup trop vers l'est. L'on trouva bientôt le chenal, ouvert le long de la côte, qui conduisit les deux navires à l'embouchure de la Léna, où la *Vega* se sépara de sa compagne dans la nuit du 27 au 28 août, pour continuer sa route vers le détroit de Behring. Mais, retardée par les glaces, les brouillards et les bas-fonds de cette mer inconnue, elle ne put avancer qu'avec une extrême lenteur et, le 28 septembre, elle se trouva emprisonnée entre la côte et un grand champ de glace large d'environ dix kilomètres. Elle fut obligée d'hiverner à une quarantaine de lieues seulement de l'entrée de la mer Pacifique. Ce contretemps, si désagréable qu'il fût, eut néanmoins l'avantage de permettre des observations scientifiques dans ces parages inexplorés. L'hivernage se passa du reste sans accident.

Le premier volume finit ici, avec l'année 1878 ; le reste du voyage et les mémoires scientifiques trouveront leur place dans le volume suivant.

L'auteur n'a pas cru devoir se borner au simple récit de son voyage ; il y a entremêlé le résumé des différentes expéditions faites depuis 1553 aux côtes sibériennes, soit pour les reconnaître, soit pour découvrir le passage du nord-est. Il a également rompu la monotonie de sa narration par des remarques fort intéressantes sur les courants marins, les lois de la formation des glaces, les poussières atmosphériques que l'on rencontre sur la neige, la géologie, la faune et la flore de ces régions, ainsi que sur les mœurs et coutumes des Tchouktchis, dont la manière de vivre ne doit pas différer beaucoup de celle des peuples de l'âge de la pierre, etc. La partie scientifique néanmoins sera traitée en détail dans le volume suivant, où les savants de l'expédition lui consacreront des mémoires spéciaux.

Ajoutons que la traduction est bien écrite, et qu'après n'avoir rien épargné pour la rendre aussi exacte que possible, on l'a encore fait reviser par des autorités compétentes. On a conservé aux noms propres suédois et russes l'orthographe adoptée par le Dr Nordenskiöld, exemple que devraient suivre tous les traducteurs. Nous croyons pourtant qu'on n'aurait pas dû conserver certains noms communs qui ont leurs équivalents en français. Pourquoi écrire *jakt*, par exemple, lorsque le mot yacht s'emploie depuis plus d'un siècle — il se trouve dans Trévoux — et a été adopté par l'Académie au moins depuis 1835. — De plus, si en suédois et en d'autres langues on conserve à certains personnages et savants de l'antiquité et du moyen âge leur dénomination latine, cet usage n'existe guère en français. On dit

Albert le Grand et non Albertus Magnus. Nos traducteurs disent Albert Magnus, appellation hybride, qui, dans le cas actuel, présente en outre l'inconvénient d'exposer à confondre le maître de saint Thomas avec l'historien suédois Olaus Magnus.

Les cartes qui accompagnent l'ouvrage sont très bien faites; ce sont celles de l'original dont la nomenclature a été traduite en français; par-ci par-là, cependant, nous y avons rencontré un mot suédois oublié. Ainsi, au nord-ouest de la presqu'île de Taimur, nous trouvons : *Iles de Brusewitz öar*, où le dernier mot, qui signifie îles, est certainement de trop : puis encore, sur les bords du Yéniséi, nous lisons *kol o. koppargrufvar*, que l'on pourrait prendre pour un nom de lieu, tandis qu'il signifie simplement : *Houillères et mines de cuivre*. Mais ces taches légères ne nous empêchent pas de reconnaître le mérite d'une traduction qui enrichit d'un ouvrage capital la littérature géographique de la langue française.

L. D.

IV

Das Antlitz der Erde, von Eduard Suess. — Prag und Leipzig 1883. — *Die Sintfluth.*

Les travaux purement géologiques de M. Suess peuvent offrir aux spécialistes un intérêt de premier ordre et nous laissons à des critiques plus compétents le soin de les apprécier. Tout ce qui nous concerne ici dans le nouvel ouvrage, dont le premier fascicule a paru l'an dernier, c'est le premier chapitre, intitulé : *le Déluge* (*die Sintfluth*, pp. 25-98). Il serait fâcheux, selon nous, que la renommée de l'auteur fît attribuer aux idées très originales émises par lui sur ce grave sujet, une importance qu'elle n'a pas la vertu de leur communiquer. — Une courte analyse du chapitre en question suffira pour montrer combien il entre d'arbitraire dans les inductions de M. Suess, quand il prétend réduire le déluge biblique aux minimes proportions d'une inondation toute locale.

Son point de départ est surprenant. En effet, M. Suess, d'après bien des traits observés dans la structure des grandes chaînes de montagnes, se déclare tout d'abord pour une opinion qui semblerait favorable au déluge universel. Il lui paraît au moins probable que de

brusques épisodes ont plusieurs fois éclaté au milieu de périodes géologiques, auxquelles ils n'ont point mis fin et dont les grands phénomènes se sont continués au delà de ces crises passagères. Des commotions, dont on ne saurait dire ni presque imaginer la violence, ont alors agité l'écorce de la terre. A ce début, on s'attendrait à voir au moins examiner une hypothèse mentionnée favorablement par Élie de Beaumont et plusieurs autres géologues : celle qui cherche dans les derniers soulèvements de montagnes la cause physique du déluge. Il serait même d'autant plus naturel que M. Suess discutât cette théorie, que lui-même fera jouer un grand rôle aux tremblements de terre dans son déluge régional. Cependant, sans en dire un mot, il tourne bride aussitôt, et c'est pour affirmer que l'espèce humaine n'a jamais été témoin de ces grandes catastrophes qu'il admet comme vraisemblables ; « nous n'en possédons, du moins, dit-il, aucun témoignage écrit. »

Ces derniers mots seraient inexplicables, si l'auteur ne montrait bientôt qu'il n'attache d'autre valeur au récit biblique du déluge que celle d'un remaniement légendaire de traditions beaucoup plus anciennes. La jeune assyriologie a beaucoup plus d'attrait pour son esprit tout moderne que nos vénérables croyances. Une excursion sur ce terrain le tente sans doute par un piquant intérêt d'actualité. Mais ce terrain n'est plus le sien, et l'on se demande quelle consistance toute la science géologique de M. Suess peut prêter aux nouveautés fantaisistes qu'il nous rapporte de son exploration d'amateur.

« Le plus violent des événements naturels dont le souvenir se conserve dans les traditions humaines porte, dit-il, le nom de déluge, et je voudrais essayer de retrouver la base physique des anciens récits ; je m'appuierai à cette fin sur les textes cunéiformes, pour l'interprétation desquels l'assistance amicale du Dr Paul Haupt, de Göttingen, m'a été du plus grand secours. »

Nous n'avons assurément aucune idée de rabaisser, soit l'intérêt qui s'attache à la découverte de ces antiques documents, soit l'autorité philologique du Dr Haupt. Mais, parce que les tablettes de la bibliothèque de Ninive sont la transcription d'un ancien texte, regardé comme antérieur à la rédaction du Pentateuque, s'ensuit-il nécessairement qu'elles nous offrent une version plus fidèle et plus authentique de la tradition primitive? Lors même que nous n'aurions pas pour le texte biblique la garantie de l'inspiration, ne devrait-il pas nous sembler plus digne de confiance qu'un chant de cette épopée chaldéenne, de ce poème d'Izdubar, où la mythologie tient une si grande place? C'est cependant ce que M. Suess omet entièrement de discuter.

En réalité sa dissertation devrait avoir pour titre : Essai d'interprétation géologique de la légende cunéiforme du déluge. La question étant réduite à ces termes, et toute abstraction étant faite du texte biblique et des lumières qu'il pourrait projeter sur cette légende ; étant admis qu'il ne s'agit dans celle-ci que d'un événement entièrement naturel et dont les phénomènes actuels doivent nous donner la clef, nous pouvons admirer sans embarras la sagacité de M. Suess, lorsque, avec l'aide de son bienveillant collaborateur, il établit maint rapprochement ingénieux entre les détails du texte et des faits d'observation dont la plupart appartiennent à notre siècle.

Les plus violents cataclysmes qui nous soient connus par une expérience récente et par des relations scientifiquement précises, sont de deux sortes : les cyclones et les raz de marée. Ces derniers sont des soulèvements subits de la mer, attribués aux tremblements de terre ou aux éruptions sous-marines ; leurs vagues monstrueuses, en s'élançant sur une côte basse, y ont souvent produit les effets destructeurs les plus terribles, « couvrant la plaine à une immense distance, dit Babinet, engloutissant les hommes et les animaux, rasant au niveau du sol toutes les habitations, tous les travaux agricoles. » M. Suess en cite plusieurs exemples, auxquels il n'eût pas manqué de joindre, quelques mois plus tard, la grande catastrophe de Java. Puis, passant aux tremblements de terre et aux grands cyclones qui ont ravagé, dans les dernier siècles, certaines vallées des Indes orientales, il s'attache surtout à celles de l'Indus et du Gange, à cause des conditions géographiques qui les rapprochent de la vallée de l'Euphrate et du Tigre, dont il fera le théâtre de son déluge (1).

Les observations dans lesquelles il trouve l'intérêt le plus spécial sont celles de deux cyclones qui coïncidèrent avec des tremblements de terre, en 1737 à Calcutta et en 1800 aux bouches du Kistna. C'est qu'en effet le concours de ces deux agents, portés à un rare degré d'intensité, est le principe le plus efficace que l'observation lui fournisse pour expli-

(1) M. Blanford a dressé le relevé des cyclones du golfe de Bengale, qui ont atteint les côtes, depuis 1737 jusqu'à 1876. Il en compte 112 dans cet intervalle de 139 ans. — Le dernier, celui de Backergunge, du 23 octobre 1876, fut assurément un des plus terribles. D'après la description d'Elliott, la vague de tempête poussée par le cyclone ressaisit et refoula dans le fleuve Megna, au moment où elle allait descendre, une marée de pleine lune d'une hauteur exceptionnelle. Le bassin du fleuve fut inondé, à l'ouest par l'eau douce, à l'est par l'eau salée, sur une surface de plus de 500 lieues carrées. Le rapport officiel du gouverneur, sir R. Temple, estimait le nombre des victimes à 215 000, sur une population de 1 062 000 âmes ; M. Blanford, écrivant plus tard, le réduisait à environ 100 000.

quer le déluge chaldéen, auquel il veut bien du moins reconnaître l'importance d'une inondation hors ligne.

Pour le texte complet des tablettes cunéiformes du déluge, nous pouvons, encore mieux que lui, renvoyer le lecteur à des ouvrages plus spéciaux (1). Nous ne reproduirons même pas l'analyse assez étendue que notre auteur donne de ce texte, entré aujourd'hui dans le domaine de la vulgarisation scientifique. Il suffira pleinement à notre but d'indiquer les arguments que M. Suess lui emprunte, et à l'aide desquels il aboutit en conclusion de son étude aux quatre propositions que voici :

1. L'événement naturel connu sous le nom de déluge s'est produit sur l'Euphrate inférieur, et a entraîné une inondation étendue et dévastatrice de la basse Mésopotamie.

2. La cause la plus essentielle en a été un grand tremblement de terre dans la région du golfe Persique ou plus au sud ; il a été précédé de plusieurs moindres ébranlements.

3. Il est très vraisemblable que, pendant la période des plus violentes secousses, un cyclone est survenu du sud, c'est-à-dire du golfe Persique.

4. Les traditions des autres peuples n'autorisent aucunement à soutenir que l'inondation ait dépassé le cours inférieur de l'Euphrate et du Tigre, bien loin qu'elle se soit étendue à toute la terre.

Il ne sera pas superflu de commenter brièvement chacune de ces assertions si nouvelles.

1. Pour fixer dans la basse Mésopotamie le théâtre de l'événement, M. Suess s'appuie sur deux indications géographiques de la légende chaldéenne. Elle nomme la ville de *Surippak*, voisine de l'Euphrate, comme celle où son héros Hasisadra, l'homme juste sauvé du déluge par la protection des dieux, a fixé sa résidence ; elle nomme de plus la montagne de *Nizir* comme le lieu où prit terre le vaisseau d'Hasisadra, qui tient la place de l'Arche de Noé.

Des atterrissements de l'Euphrate et du Tigre et des recherches des assyriologues, M. Suess conclut que le site de cette ville, déjà fort ancienne, dit-il, au temps du déluge (?) et voisine alors de la mer, doit se trouver à une grande distance de l'embouchure actuelle des deux fleuves (2).

(1) La traduction française se trouve *in extenso*, avec l'histoire de la découverte, dans *la Bible et les découvertes modernes*, par F. Vigouroux, t. I, pp. 227 sqq. de la 3e édition.

(2) Il insiste sur le bitume dont Hasisadra fait usage, aussi bien que Noé, pour enduire l'intérieur et l'extérieur de son vaisseau comme sur un trait

Quant au pays de Nizir et à la montagne sur laquelle Hasisadra prend terre, M. Suess croit pouvoir en fixer la position, à l'aide d'une inscription d'Ashurnatsirpal, relatant une expédition de ce roi assyrien contre la Perse. Il admet que le vaisseau remonta vers le nord et vers la portion encaissée du cours du Tigre, et qu'il atterrit entre le 35e et 36e degré de latitude, sur le flanc d'une chaîne miocène de 300 mètres d'altitude, formant au nord et au nord-est la limite de la vallée : « sur le flanc, dit-il en insistant, et non sur le sommet, car je ne vois dans le texte aucune raison d'admettre que ces montagnes aient été submergées. »

Il paraît clair cependant que sa grande raison de ne pas l'admettre se trouve dans la préoccupation de restreindre à tout prix les proportions du déluge, et de ne point s'écarter trop prodigieusement de la mesure des phénomènes actuels. Le texte, selon la traduction même adoptée par M. Suess, suggérerait plutôt une autre idée, et tout ce qu'on peut dire, c'est qu'il ne l'impose pas absolument.

Une autre circonstance du récit chaldéen, la durée de six jours et sept nuits qu'il attribue à la phase violente du cataclysme, pendant laquelle « règnent le vent, le déluge (le tourbillon) et la tempête » est-elle facile à concilier avec l'hypothèse du cyclone et du raz de marée ? A-t-on jamais vu la submersion produite par de telles causes approcher de cette durée ? Le savant géologue se contente de remarquer qu'elle est « bien inférieure aux données de la Bible et qu'elle se rapproche plus de celles de l'expérience. »

2 et 3. Pour établir, d'après les tablettes cunéiformes, que la cause dominante de l'inondation fut un grand tremblement de terre, M. Suess s'appuie d'abord sur un passage obscur de la description de la catastrophe : « ce morceau, dit-il, le plus important du document » (à son point de vue spécial du moins), « renferme malheureusement des

significatif de couleur locale. La vallée de l'Euphrate et du Tigre est entourée de collines miocènes riches en asphalte. Aujourd'hui encore cette matière y est en usage dans la construction des embarcations, et il y a peu d'années que l'ingénieur Czernick, parcourant la Mésopotamie pour y étudier une ligne de chemin de fer, a décrit un exemple précis de cette pratique observé par lui dans la ville de Hit sur l'Euphrate. Voilà, dit M. Suess, une coutume antédiluvienne dans le sens rigoureux du mot qui s'est conservée jusqu'à nos jours.

Nous ne connaissons point de difficulté à supposer que Noé habitât en effet la Mésopotamie. Mais s'il était naturel, qu'avant l'avènement de la métallurgie moderne, le bois fût partout employé à la construction des vaisseaux, l'était-il beaucoup moins que, pour les rendre imperméables, on utilisât le bitume partout où la nature en offrait la ressource ?

lignes très mutilées. » Sans être de ce nombre, la première qu'il invoque lui inspire un doute, puisqu'il traduit avec un point d'interrogation : « Adar fait incessamment déborder les canaux (?). » C'est sur ce dernier mot que tombe le doute. Cependant, « le débordement des canaux, dit notre auteur, est un phénomène qui se comprend sans peine lors de violentes commotions du sol; il peut d'ailleurs être augmenté ici par la tempête et le refoulement des eaux. »

« J'attache beaucoup d'importance, continue M. Suess, à la ligne suivante » (la 47e de la 2e colonne) dont il donne cette traduction : *Les Anunnaki font jaillir des eaux.* « Les Anunnaki sont, comme Haupt surtout l'a montré, les esprits des grandes eaux souterraines. Ce sont eux qui font trembler la terre et qui de ses profondeurs amènent des flots. Ces eaux surgissant des profondeurs correspondent aux passages souvent cités du texte élohiste de la Genèse : (VII, 11) *Rupti sunt omnes fontes abyssi magni* (sic) *et cataractæ cœli apertæ sunt*, et (VIII, 2) : *Et clausi sunt fontes abyssi et prohibitæ sunt pluviæ de cœlo.*

» Le phénomène de grandes masses d'eau, sortant des profondeurs, est un symptôme caractéristique des tremblements de terre dans la région alluviale des grands fleuves. Dans ces grandes plaines, les eaux de fond s'étendent au loin dans les couches récentes et leur limite supérieure s'élève graduellement de plus en plus au-dessus du niveau moyen du courant, à mesure que l'on s'éloigne de celui-ci vers la droite ou vers la gauche. Au-dessous de cette limite, le sol est détrempé et meuble ; au-dessus, il est sec et cassant. Que des ondulations séismiques surviennent dans un pareil terrain, alors de longues crevasses s'ouvrent dans la partie supérieure et fragile du sol, et par ces fentes l'eau de fond s'échappe violemment, tantôt pure, tantôt à l'état boueux, tantôt en grandes masses, tantôt en jets isolés atteignant jusqu'à la hauteur de plusieurs mètres. »

M. Suess confirme cette théorie par plusieurs exemples, et en conclut que les lignes 46-49 de la 2e colonne signifient en langage scientifique : oscillations de l'eau dans les canaux découverts, et jaillissement des eaux de fond de la plaine de l'Euphrate avec ébranlement simultané du sol.

Les 3 lignes en question se suivent ainsi dans sa traduction :

46. *Adar fait sans interruption déborder les canaux* (?).

47. *Les Anunnaki font jaillir les flots.*

48. *Ils font trembler la terre par leur puissance.*

Puis viennent deux lignes qui sont ainsi rendues :

49. *Le déluge de vagues de Ramman s'élève jusqu'au ciel.*

50. *Toute lumière disparait devant les ténèbres.*

Nous manquons de compétence pour discuter cette traduction, et constatons seulement qu'elle n'est pas celle de tous les assyriologues. Voici les considérations dont M. Suess la fait suivre.

« Il faut bien remarquer que jusqu'ici il n'était encore aucunement question de la grande inondation. Dans les premiers mots qui l'annoncent, elle s'élève déjà jusqu'au ciel, et ce n'est pas à Ea, le dieu de la mer, mais à Ramman, le dieu des tempêtes, qu'elle est attribuée. Ce n'est pas là seulement l'effet de l'orage, fouettant des vagues d'origine séismique. Les dieux devant de telles vagues ne se seraient pas réfugiés dans le ciel d'Anu, ou, suivant la traduction de quelques assyriologues, ne se seraient pas enfuis, de la sphère des planètes, dans celle des étoiles fixes. »

« Les inondations amenées par des cyclones sont subites et formidables. » Suivent des exemples à l'appui qui conduisent l'auteur à cette conclusion :

« Le phénomène naturel qui cause aujourd'hui les plus grands ravages, le cyclone accompagné d'un tremblement de terre, est aussi celui qui correspond le plus exactement à la description faite par Hasisadra du plus grand événement naturel de l'antiquité. »

Il faut avouer que cette conclusion s'appuie sur une interprétation assez complaisante de la mythologie chaldéenne, où M. Suess trouve toujours des personnifications d'agents naturels, très favorables à ses conceptions.

Un exemple remarquable de ce procédé est l'application qu'il en fait aux avertissements donnés à Hasisadra par Ea, « le sage dieu de la mer et des profondeurs. » C'est lui qui révèle à son fidèle serviteur l'approche du déluge, arrêté dans le conseil des dieux, et lui suggère de bâtir un vaisseau pour s'y sauver avec ce qu'il pourra réunir d'êtres vivants de toute espèce.

« De quelle nature, se demande M. Suess, peuvent avoir été ces avertissements du dieu de la mer ? Je pense qu'ils n'ont pu consister qu'en de petites inondations, d'origine vraisemblablement séismique : en un débordement plusieurs fois répété de la mer par-dessus ses rivages ; le refoulement de l'Euphrate s'ensuivant excita la frayeur dans la ville de Surippak, située non loin de la mer, et donna lieu aux mesures de précaution du prudent Hasisadra. »

Pour préparer les esprits à cette interprétation, l'auteur n'a pas manqué de citer dès le début du chapitre une tradition des îles Fidji ; les indigènes y racontent, dit-il, qu'à la suite d'une grande inondation,

on tint pendant bien des années des embarcations constamment prêtes pour se sauver dans le cas où l'événement se renouvellerait. Une perspicacité plus qu'ordinaire est cependant nécessaire pour voir clairement dans les avertissements du dieu Ea et dans la construction du vaisseau d'Hasisadra la pure expression poétique d'une occurrence et d'une conduite toutes semblables.

Ce n'est jamais, nous l'avouons, sans une certaine appréhension pour le souverain respect dû à la Bible, que nous entendons certains commentateurs, plus ardents que mesurés, nous montrer, sous les expressions du texte sacré, des théories scientifiques d'une précision et d'un caractère tout modernes. Mais combien ne sont-ils pas distancés par l'exégèse que M. Suess applique au déluge chaldéen, tout spécialement aux avis salutaires du dieu Ea à son fidèle serviteur ! Nous craignons fort qu'à son insu l'éminent géologue ne soit le jouet d'un mirage, et ne voie dans son texte rien autre chose que le reflet des théories préconçues qu'il porte dans son esprit. L'élasticité de ce texte mythologique, incomplet, douteux sur beaucoup de points, ne serait-elle pas, encore plus que la haute antiquité qu'on lui attribue, le motif de cette préférence absolue qu'un géologue libre-penseur lui donne sur celui de la Genèse? Malgré toute la largeur dont celui-ci peut être susceptible, il ne se prêterait certainement pas avec la même docilité que les tablettes cunéiformes à de si subtiles divinations.

M. Suess ne s'est jusqu'ici référé qu'une fois au texte biblique pour appuyer son interprétation du rôle attribué aux Anunnaki. Il veut bien alléguer encore deux versets du livre sacré (VI, 17 ; VII, 6), et c'est pour montrer comment avec une simple transposition de points-voyelles (*mi-yam*, a mari, au lieu de *mayim*, aquæ) proposée au siècle dernier par J. D. Michaelis, on les rendrait tout à fait favorables à l'idée d'une inondation venant de la mer.

Nous ne voyons rien de bien scandaleux dans cette hypothèse : mais que penser de cette manière d'exploiter en faveur de la théorie géologique quelques versets épars de la Bible, où l'on s'empare d'un trait de détail, alors que l'on ne daigne pas même accorder un regard à l'ensemble du texte sacré ? Nous ne voulons pas croire que ce soit affectation d'impiété ni de mépris ; mais c'est au moins le signe d'une préoccupation bien exclusive pour une idée systématique et personnelle dont on croit retrouver la preuve partout.

M. Suess attache beaucoup d'importance à la situation relative de Surippak et de la montagne de Nizir, parce qu'il en résulte que le vaisseau d'Hasisadra a remonté du sud au nord la vallée du Tigre et de

l'Euphrate, en sens contraire de la pente des eaux pluviales, poussé par conséquent par un flot venant de la mer.

Que la cause principale du déluge ait consisté dans une irruption de la mer, c'est ce qui ne répugne point au texte biblique. Il y a bientôt 50 ans qu'un protestant, très attaché au principe de l'inspiration, le géologue écossais Hugh Miller, a développé cette idée et interprété dans ce sens les expressions (Gen. VII, 11) *rupti sunt fontes abyssi magnæ*. Elles correspondent mieux, ce nous semble, aux effets qui s'ensuivraient d'un affaissement du sol d'un continent, selon l'hypothèse de Miller, qu'au jaillissement des eaux souterraines invoqué par M. Suess ; et si Miller avait eu l'occasion d'argumenter sur le texte cunéiforme, un médiocre effort d'imagination eût pu lui suffire pour accommoder aussi à son sens les avertissements du dieu Ea.

Au moment même où nous écrivions ces lignes, l'Annuaire du bureau des longitudes nous apporte une intéressante notice de M. Faye sur les grands fléaux du genre humain. Une place y est faite aux inondations et aux déluges, et le grand déluge traditionnel y est interprété dans un sens beaucoup plus voisin de Hugh Miller que de M. Suess. Notre savant astronome ne suppose pas un instant que ce déluge puisse être réduit aux proportions exiguës d'une inondation de province (1).

Et quand la concordance entre le tableau du déluge chaldéen et les effets des cyclones et des raz de marée serait beaucoup plus com-

(1) Au témoignage oculaire d'un échappé de la catastrophe de Java, M. Faye emprunte quelques lignes dont l'analogie avec un passage du texte chaldéen, interprété comme ci-dessus, est frappante : « J'étais au bord de la mer quand je vis arriver vers moi une masse énorme d'eau noire qui venait de la haute mer et semblait s'élever jusqu'au ciel. Elle s'avançait rapidement avec le grondement du tonnerre. Un instant après, j'étais enlevé par le torrent et, recommandant mon âme à Dieu, je me croyais à ma dernière heure... Je fus jeté sur un arbre où je réussis à m'accrocher. Du haut de cet arbre, sur lequel je parvins à me hisser, je regardai. Là où se trouvait tout à l'heure la ville d'Anger, je ne voyais plus qu'une mer houleuse d'où émergaient la cime des arbres et quelques toitures. Tout à coup, les eaux descendent et retournent à la mer, je les vois s'écouler sous mes yeux avec une rapidité prodigieuse, et bientôt je puis descendre sur le sol : j'étais sauvé. » Ce flot noir qui semble monter jusqu'au ciel, n'est-ce pas l'exacte paraphrase de M. Suess sur ce qu'il a traduit « le déluge de vagues de Ramman » ? Il est pourtant à remarquer que notre auteur y voit comme un signe spécial du cyclone et qu'il n'est pas question de cyclone dans l'événement de Java. — Puis, cette prodigieuse rapidité du flot d'inondation qui se retire contraste bien avec la durée de ce déluge qui porta six jours et sept nuits sur ses vagues impétueuses le vaisseau d'Hasisadra, et ne lui laissa voir aucune terre aux douze points de l'horizon.

plète que M. Suess ne réussit à le montrer, s'ensuivrait-il que ce poème est la source originale la plus authentique et la plus pure où nous devions puiser les données historiques de la tradition du déluge ? Et serait-il dès lors établi, comme le veulent les rationalistes, que le texte de la Bible est une version idéalisée du même fait, épurée à certains égards dans l'esprit du monothéisme, mais altérée dans le sens de l'universalité du Déluge? De quel droit le prétendrait-on? et pourquoi s'opposerait-on à une hypothèse toute différente? Si la basse Mésopotamie avait été le théâtre d'une inondation telle que le suppose M. Suess, pourquoi le poète chaldéen n'aurait-il pas revêtu des couleurs de cette émouvante catastrophe les souvenirs du déluge universel, quand il en a voulu tirer un chant de son épopée nationale? M. Suess aurait peine, ce nous semble, à s'y refuser, car il admire comme un trait de rare pénétration le curieux parallèle établi par Rawlinson entre les 12 chants de l'épopée d'Izdubar et les 12 signes du Zodiaque ou les 12 mois de l'année. Le déluge d'Hasisadra en forme le 11e chant, correspondant au signe du Verseau, et n'est qu'un épisode introduit par artifice dans l'histoire d'Izdubar, le héros principal. En réduisant à la mesure d'une légende locale cette grande page de la légende des siècles, en quoi le chantre d'Izdubar aurait-il été infidèle à l'esprit de de son poème? Hypothèse pour hypothèse, celle-là pourrait en valoir une autre, ce qui ne veut pas dire que nous en fassions grand cas.

Au contraire, nous trouvons, après comme avant les élucubrations dont nous avons rendu compte, une valeur toujours égale à ces réflexions de M. Vigouroux que nous nous plaisons à reproduire textuellement :

« Qu'on nous dise donc où Moïse a puisé ces idées si nobles, si pures, si grandes? Son récit est-il une simple épuration de la tradition chaldéenne, ou bien est-ce la tradition antique conservée dans toute la fleur de son intégrité par la race d'Abraham? Nous ne saurions le dire, mais ce que nous pouvons affirmer, sans crainte de nous tromper, c'est que, si c'est une épuration, ce n'est pas une épuration humaine. Celui qui aurait entrepris de dépouiller la légende babylonienne de son caractère polythéiste aurait agi comme les jansénistes du siècle dernier ou les rationalistes de nos jours lorsqu'ils essayent d'épurer les « légendes » des saints. Ils les rendent sèches, froides et sans vie, ils font des héros du christianisme les plus vulgaires des hommes, de peur qu'on ne puisse découvrir dans leur histoire quelque apparence de surnaturel. L'auteur de la Genèse aurait craint aussi de ne point être assez monothéiste et assez spiritualiste, en supposant qu'il eût pu arri-

ver par lui-même, ce qui n'est point possible, à ces notions supérieures ; il se serait bien gardé de donner à Dieu tantôt le nom de Jéhovah et tantôt celui d'Élohim, il aurait scrupuleusement éloigné les métaphores, les anthropomorphismes qui lui sont encore communs avec le poème chaldéen. Moïse, écrivant sous l'inspiration de Dieu, n'en a rien fait. Que faut-il en conclure ? Il nous semble qu'il sera bien difficile à quiconque étudiera sérieusement cette double relation antique du déluge, si semblable par le côté pour ainsi dire matériel, aussi différente que le ciel et la terre par le côté dogmatique et théologique, de ne pas s'écrier, saisi d'admiration devant les pages de la sainte Écriture : le doigt de Dieu est là. »

Ce jugement qui tient compte des caractères du texte nous paraît bien supérieur en justesse à de subtiles inductions fondées sur quelques détails matériels que l'on en détache arbitrairement. C'est dire combien nous acceptons peu la dernière des quatre conclusions que M. Suess a formulée ainsi :

4. Les traditions des autres peuples (parmi lesquelles il confond le texte de la Genèse) n'autorisent aucunement à soutenir que l'inondation ait dépassé le cours inférieur de l'Euphrate et du Tigre, bien loin qu'elle se soit étendue à toute la terre.

Sur ces derniers mots il suffit de rappeler sans y insister que la croyance à l'universalité *géographique* du déluge ne nous est nullement imposée par le texte de la Genèse ni par l'interprétation de l'Église. — Quant à l'assertion de M. Suess, elle repose bien plutôt sur son sentiment que sur des preuves objectives que l'on puisse discuter.

« La différence essentielle et caractéristique, dit-il, entre le récit chaldéen et celui de la Genèse consiste en ce que ce dernier a revêtu la couleur que la tradition devait prendre chez un peuple continental. »

Cette circonstance n'est pas ignorée ni méconnue des plus fidèles défenseurs de l'inspiration biblique, et nous ne pouvons mieux conclure qu'en citant encore les observations qu'elle suggère à M. Vigouroux et que M. Lenormant lui a empruntées.

« Tout, dans la Genèse, suppose un peuple qui habite le continent : le nom de l'arche en hébreu, *tébâh*, signifie « coffre » et non « navire », tandis que *élippu*, en assyrien, peut bien signifier « coffre », mais signifie aussi « navire » ; il n'y est pas question de la mise à l'eau de l'arche, aucune mention de la mer ni de la navigation ; point de batelier. Au contraire, le poème chaldéen a été composé au milieu d'un peuple maritime, et il porte l'empreinte des mœurs et des coutumes des

habitants du golfe Persique : Hasisadra monte sur un navire, ce navire est lancé à l'eau, il est éprouvé, toutes ses fentes sont garnies avec du bitume, il est confié à un pilote.

« La manière différente dont Moïse nous a transmis le récit du grand événement nous fournit une preuve de son respect des traditions antiques : élevé en Égypte, il ne pouvait ignorer ni les termes ni les règles de la navigation, et il nomme en effet ailleurs la mer, *yam*, les ports, *hof*, et les navires *onyyot*, mais il n'a pas voulu donner à sa narration une couleur savante et en quelque sorte moderne, et il lui a ainsi imprimé le cachet le plus irréfragable de fidélité et d'authenticité. »

P. DE FOVILLE.

V

ORIGINES ARIACAE — *Linguistisch-ethnologische Untersuchungen zur ältesten Geschichte der arischen Völker und Sprachen* von KARL PENKA. — Wien und Teschen, Karl Prochaska, 1883. In-8, pp. VII — 214.

Dans la dernière livraison de la *Revue*, nous avons minutieusement analysé l'intéressant ouvrage du Dr O. Schrader sur les origines aryennes (1). Cette question, si longtemps agitée, mais toujours irrésolue, excite de nouveau l'attention du monde savant. De toutes parts elle donne naissance à des travaux importants : il n'est pas de périodique sérieux, surtout en Allemagne et en Angleterre, qui ne croie devoir en entretenir ses lecteurs (2), et naguère M. le marquis de Saporta l'introduisait, par la *Revue des deux mondes*, dans le public lettré des salons (3). Pendant que le livre du Dr Schrader s'imprimait à Iéna, un professeur distingué d'un des gymnases impériaux de Vienne, M. Penka, publiait sur le même sujet le volume dont nous venons de transcrire le titre.

Si le but de M. Penka est, comme celui du Dr Schrader, de refaire

(1) Janvier 1884, pp. 284-298.

(2) Voir par exemple *The Academy* (8 déc. 1883); *Deutsche Literaturzeitung* (20 oct. et 3 nov.); *Literarisches Central-Blatt* (8 oct.); *Globus*, Band XIV, n° 18, etc. Ces articles sont signés des meilleurs noms de la philologie contemporaine, MM. Sayce, W. Geiger, Bezzenberger, Brugman, Tomaschek.

(3) *Essai de synthèse proethnique*, n° du 1er mai 1883, p. 94.

l'histoire primordiale des Aryas, *Origines Ariacæ;* s'ils cherchent l'un et l'autre à préciser les limites géographiques de la première patrie aryenne et résolvent le problème dans le sens de l'hypothèse européenne, il s'en faut de beaucoup que les principes, la méthode, certaines conclusions particulières et, partant, la valeur scientifique des deux ouvrages soient identiques. Le Dr Schrader, nous l'avons vu, accorde une importance prépondérante à l'archéologie préhistorique. Ses guides sont MM. Hehn, Rütimeyer, Helbig, Pigorini. C'est avant tout à l'anthropologie et à la craniométrie que s'adresse M. Penka ; il a pour maîtres MM. de Quatrefages, Broca, Topinard, Lindenschmit, Fr. Müller, von Hölder, Fraas, Wagner. Nous avons loué dans le Dr Schrader la justesse des vues, la rigueur des principes, la modération et la prudence dans les assertions, et malgré les réserves formelles faites sur la théorie de l'origine européenne des Aryas, nous n'avons pas hésité à signaler son œuvre à l'historien des temps primitifs comme un phare lumineux destiné à dissiper la brume des âges préhistoriques. Nous devrons au contraire, pour M. Penka, prémunir le lecteur contre les idées aventureuses, les théories gratuites, excentriques même — le mot n'est pas de nous (1) — la méthode peu sûre, les affirmations tranchées. Sans aller aussi loin que M. Bezzenberger, qui a qualifié l'ouvrage de M. Penka de « livre manqué », nous dirons seulement d'une manière générale, et nous espérons l'établir, que les thèses de M. Penka sur le berceau de l'humanité, le premier séjour des Aryas et la formation des races humaines ne nous semblent appuyées d'aucun argument solide.

Mais, s'il en est ainsi, pourquoi, demandera-t-on peut-être, parler de ce livre ? D'abord, parce que malgré la hardiesse des systèmes, il s'y rencontre des faits instructifs et des détails qui ne sont pas dénués d'intérêt. Ensuite, l'ouvrage de M. Penka a eu du retentissement : il a donc sa place marquée dans la suite des études que nous avons entreprises sur les origines aryennes. Enfin, la science a le devoir non seulement de promouvoir la vérité, en la dégageant des ténèbres de l'ignorance ; mais, au même degré et plus encore, celui de la défendre contre l'invasion des conclusions fausses ou prématurées. On la comparerait volontiers à Néhémie : comme lui, elle n'édifiera le temple qu'à la condition de tenir d'une main la truelle et de l'autre le glaive.

M. Penka a divisé son travail en sept sections : mais elles se ramènent très naturellement à deux chefs principaux, l'ethnographie et

(1) Il est de M. Tomaschek, *Globus*, Band XIV, nº 18, p. 280.

la linguistique aryenne, indiqués du reste dans le sous-titre de l'ouvrage. Les questions ethnologiques font l'objet des cinq premiers chapitres ; les deux derniers, qui contiennent un bon quart du livre, sont consacrés aux caractères phonétiques et morphologiques de la langue aryaque primitive. Cette dernière étude a peu de lien avec la première, car M. Penka n'est pas de l'école de Pictet ; il ne demande rien à la linguistique pour l'histoire des anciens peuples, et il étudie l'antique idiome des Aryas non en ethnographe, mais en philologue. Pour cette raison nous ne dirons rien, dans cette étude critique, des deux derniers chapitres, dont, à notre avis, il eût mieux valu faire un ouvrage séparé et comme la suite des savantes études sur la flexion nominale dans les langues indo-germaniques (1). Notre but se restreint ici aux seules questions ethnographiques et anthropologiques : la première partie du livre de M. Penka doit donc seule nous intéresser, nous et nos lecteurs.

Nous trouvons dans le premier chapitre de M. Penka d'excellentes considérations sur les services que l'anthropologie et l'ethnographie peuvent rendre au philologue et à l'archéologue, surtout dans la question aryenne. L'influence réciproque de ces quatre sciences, dont l'étude simultanée s'impose de plus en plus à l'historien des origines, contribuera pour une large part à mettre plus d'unité dans les recherches, et à concilier des résultats souvent contradictoires parce qu'ils ont besoin d'être confrontés entre eux.

Les deux chapitres qui suivent sont intitulés : *Type physique des Aryas*, *Berceau des Aryas*. En réalité, ils ont pour but unique l'examen de ce dernier point ; car c'est par la détermination du type aryen que l'auteur est conduit à placer la patrie des Aryas en Scandinavie. Avant d'établir sa thèse, M. Penka procède à une réfutation en règle de l'antique tradition des Aryas asiatiques. Nous avons récemment groupé les différents arguments que l'on fait valoir pour l'origine européenne. Ils formaient déjà un contingent respectable ; car le Dr Schrader les avait portés au nombre de huit. Or voici que M. Penka en ajoute encore cinq. Essayons de parer ces nouveaux coups.

On reprend d'abord l'idée de l'Anglais Latham. Les Aryas d'Europe, Celtes, Gréco-Italiotes, Lithuano-Slaves, Germano-Scandinaves constituent la plus forte partie de la race. Conclusion : c'est l'Europe et non l'Asie qui porta son berceau. Faire venir les Indo-

(1) Penka, *Die indogermanische Nominalflexion.*

Européens de l'Asie, c'est commettre une erreur aussi grave en ethnologie que de dériver en histoire naturelle les reptiles de la Grande-Bretagne de ceux d'Irlande.

La supériorité numérique des Aryas d'Europe est fort contestable. Sans doute les destinées du rameau occidental furent plus brillantes; mais au point de vue du nombre, on établirait difficilement que les Hindous, les Perses, les Mèdes, les Scythes, les innombrables tribus de l'Asie centrale le cédaient aux peuples européens. Mais n'insistons pas : le grand défaut de l'argument de Latham est un vice de logique. La conclusion ne sort pas des prémisses; car, si le raisonnement de l'aventureux philologue anglais se vérifie, en voici la première conséquence absurde : l'Angleterre est le berceau des Saxons parce qu'ils y sont plus nombreux que sur les bords de la Baltique; les États-Unis d'Amérique sont la mère-patrie des Anglais et Albion n'est qu'une colonie, car il n'y a pas de comparaison possible entre la population des deux pays.

Voici maintenant une preuve linguistique, déjà insinuée par Benfey et L. Geiger. Le vocabulaire des Aryas primitifs ne révèle que les animaux et les plantes indigènes en Europe. L'origine sémitique du nom du lion démontrée par M. Pauli est pour nos adversaires une induction des plus fortes contre l'origine asiatique des Aryas.

Il est très vrai qu'en ce qui concerne la faune, le lexique aryaque accuse l'ignorance des animaux propres aux climats chauds, le lion, le tigre, le singe, l'éléphant (1). Mais, qu'on ne l'oublie pas, sur les rives de l'Oxus et de l'Iaxarte que nous assignons aux Aryas comme premier séjour, ces fauves ne se rencontrent pas : il faut aller bien avant au sud de l'Asie. Quant à la flore, s'il y a divergence de termes entre les Aryas européens et ceux d'Asie, cette divergence s'explique aisément. Le domaine aryaque était vaste et accidenté : si la Bactriane était le jardin fruitier de l'Asie, les productions du sol dans les steppes du Turkestan, où était groupée la branche européenne, différaient peu de celles de l'Europe. Ici du reste nous avons le droit d'user du conseil que donne le Dr Schrader de ne point presser l'argument *a silentio*.

M. Penka s'autorise du nombre toujours croissant des adhésions que rencontre l'hypothèse de l'origine européenne des Aryas. Il cite en sa faveur les noms de MM. Fr. Müller, Cuno, Peschel, Pösche, Tomaschek,

(1) Sur ce sujet spécial, on peut consulter avec fruit une récente brochure du Dr O. Schrader, *Thier-und Pflanzengeographie im Lichte der Sprachforschung*.

Fligier. On peut aujourd'hui y joindre celui de M. Sayce qui, rangé encore par M. Penka parmi les tenants des Aryas asiatiques, vient de passer de l'autre côté avec une complaisance inattendue.

Que répondre à cet argument? Les autorités produites sont assurément des plus respectables; mais l'opinion adverse peut revendiquer des partisans non moins illustres. Il y a d'abord toute l'école anthropologique française; puis en Angleterre et en Allemagne même, malgré le courant nouveau, l'ancienne théorie est loin d'être abandonnée. On ne saurait déterminer exactement la probabilité extrinsèque d'un système plutôt que de l'autre. C'est la valeur des preuves alléguées qui doivent trancher définitivement la question.

Dans un mémoire qui fit du bruit à la Société d'anthropologie de Paris, M. Piètrement chercha à démontrer que les Aryas étaient originairement établis dans les régions du lac Balkasch, dans le district d'Alatau. C'était, nous dit M. Penka, une première concession; on reculait le berceau des Aryas vers le nord. Toutefois cette solution était insuffisante.

Nous sommes heureux d'être ici d'accord avec M. Penka pour rejeter la tentative de conciliation de M. Piètrement. Dans un précédent travail nous avons consacré plusieurs pages à sa réfutation (1) : il est donc inutile d'y revenir ici.

Le dernier argument de M. Penka consiste dans l'analogie historique. Si haut que l'on remonte dans l'histoire, on ne voit aucun peuple aryen, à l'exception des Tziganes, envahir l'Europe et s'y fixer. Tous les immigrants d'Asie en Europe sont Sémites ou Mogols. Au contraire, toutes les migrations aryennes dont on ait souvenir se font d'Europe en Asie.

Nous avons répondu à la seconde partie de ce raisonnement dans notre étude sur l'ouvrage du Dr Schrader (2). Mais la première se résout absolument de la même façon. Que prouvent les migrations historiques pour les mouvements proethniques des peuples ?

Après avoir écarté de sa route la thèse prétendue surannée de la provenance asiatique des Aryas, M. Penka cherche à marquer sur la carte d'Europe le point précis où se place leur berceau primitif et il prouve que ce pays d'origine fut la Scandinavie. Voici toute la marche du raisonnement : Le type physique des Aryas se retrouve dans toute sa pureté chez les Germano-Scandinaves, et en outre aucune autre

(1) *Le Berceau des Aryas*, pp. 17-23.
(2) *Revue des questions scientifiques*, janvier 1884, p. 295.

contrée de l'Europe — ni la Russie, ni la France, ni le centre de l'Allemagne — ne satisfait aux conditions du problème.

Voyons comment se développe cette double preuve. Les recherches anthropologiques ont signalé au sein de la race aryenne six types principaux, le type germano-scandinave, deux types celtiques, le slave, l'éranien, l'hindou. Si l'on écarte les deux derniers, il reste quatre types européens. Or des deux celtiques, l'un est celui de la race fossile de Cro-Magnon, l'autre se confond avec le type slave. La question se restreint par conséquent à savoir lequel de ces deux types, le germano-scandinave ou le slave représente l'Arya primitif. Le germano-scandinave est dolichocéphale : il a les yeux bleus, les cheveux blonds, la carnation blanche ; au contraire la brachycéphalie, la coloration foncée des yeux et de la chevelure caractérisent le slavo-celte.

Question préalable : Ces deux types ne peuvent-ils dériver l'un de l'autre ? Non : en effet, il est impossible de reculer au delà de 3000 ans avant J.-C. la séparation qui divisa les Aryas en peuples distincts. Or l'histoire est là pour attester la persistance des types anthropologiques depuis quatre et même depuis cinq mille ans. Le nègre représenté sur les sculptures de Medinet-Habou ne diffère en rien de celui que nous connaissons aujourd'hui. La conservation du type blanc aryen nous est assurée par les témoignages les moins équivoques des monuments égyptiens. M. Brugsch en a retrouvé des traces échelonnées depuis le XVIIe siècle jusqu'au IIIe siècle avant J.-C.

Si donc ces deux types, slavo-celte et germano-scandinave sont irréductibles, il s'ensuit qu'un des deux peuples n'est pas aryen d'origine, mais qu'il l'est devenu par l'adoption de la langue. On cite mille exemples de peuples renonçant à leur idiome pour adopter celui de l'étranger. Ainsi les soldats bosniaques, envoyés en 1420 par le sultan Selim pour conquérir la Nubie, y ont fait souche et renoncé à leur langue maternelle. Les Chinois à Bornéo ne se servent que du malais, et les Brothertons, tribu d'Algonquins, ne connaissent plus que l'anglais.

C'est le plus souvent la soumission à un conquérant qui entraîne ce changement de langage : même en cela les vaincus plient devant le vainqueur. Eh bien, dans le cas présent, si les Slaves et les Celtes furent aryanisés, ils le furent par la domination des Germains et des Scandinaves, des dolichocéphales blonds. En veut-on la preuve manifeste ? Elle est dans ce fait que, pour assurer leur suprématie, les races dolichocéphales ont partout sur leur passage construit des forts, des

retranchements, des camps défendus, tandis que l'archéologie ne révèle rien de pareil dans les mœurs des brachycéphales.

Il y a plus : chez la plupart des nations, le type dolichocéphale blond est celui de l'aristocratie. C'est ce qu'ont démontré les travaux de M. His pour la Suisse, de M. von Hölder pour le Würtemberg, de M. Pösche pour la France, l'Italie et l'Espagne, de M. Durand (de Gros) pour l'Aveyron et de M. Pinkerton pour la Grande-Bretagne.

A leur tour, l'histoire, l'archéologie préhistorique, la philologie comparative, enfin les savants les plus autorisés déposent en faveur du type scandinave.

Ainsi l'*Edda* décrit les blondes chevelures et les yeux bleus des enfants libres ; l'antiquité exalte comme l'idéal de la beauté les ξανθαὶ τρίχες et les λευκότεροι τὴν χροάν, les cheveux blonds et les teints pâles. Dans l'Asie centrale, les Kafirs et les Siah-Posh, descendant des Aryas, sont une race blonde.

La découverte d'Alexandropol, où l'on trouva dans une même tombe deux crânes dolichocéphales et trois brachycéphales, démontre, aux yeux de M. Penka, la justesse de ses théories. Cette tombe doit être la sépulture de chefs aryens ensevelis avec trois de leurs serviteurs anaryens immolés, comme c'était l'usage, dans la cérémonie des funérailles. Hérodote connaissait déjà cette coutume.

Voici comment la linguistique vient, elle aussi, témoigner en faveur de la Scandinavie. Il est démontré pour M. Penka, que la langue mère des Aryas ne possédait pas le son des ténues *k*, *t*, *p* ; mais qu'elle aspirait légèrement ces consonnes en prononçant *kh*, *th*, *ph*. Or d'une part les races celtiques et slaves ignorent complètement ce dernier son, tandis que les vrais Allemands, surtout ceux des parties septentrionales, font toujours précéder les lettres *k*, *t*, *p* d'une aspiration très douce et prononcent *Khind*, *Khunst* les mots *Kind*, *Kunst*. C'est là pour M. Penka une très forte induction à retrouver dans les Germains et les Scandinaves l'Arya primitif.

Un second argument philologique est tiré des dénominations ethniques de la race aryenne. Chose étrange, la plupart de ces noms, d'après M. Penka, font allusion à la coloration du teint. Ainsi l'*ârya*, c'est le blond : ce mot aurait la même racine que le grec ἀργ-έστης, ἀργεννός, blanc. Les *Germani*, *Galli*, Γαλάται, ce sont encore les blonds. En effet *Germani*, ou originairement *Garmani*, serait dérivé de la racine *ghar*, être chaud, briller, reluire. Il faudrait en dire autant de *Galli*, Γαλάται, qui seraient pour *ghalas*, *ghal-tas*, et proviendraient de la même racine *ghar*, *ghal*.

Enfin M. Penka nous rappelle comment d'autres savants par des voies différentes sont arrivés au même résultat que lui. Il nomme MM. L. Geiger, von Hölder, Pösche, Ecker et Lindenschmit.

Arrêtons-nous maintenant à discuter cette première preuve, et voyons s'il demeure réellement établi que les Germano-Scandinaves ont seuls le droit d'être tenus pour vrais Aryas. Il ne serait pas malaisé de faire crouler le fondement de la théorie de M. Penka, savoir la réduction de tous les peuples aryens à deux types principaux, celui des Celto-Slaves et celui des Germano-Scandinaves ; mais, acceptant cette donnée, examinons rapidement les arguments proposés en faveur de cette suprématie physique des Germano-Scandinaves.

On affirme d'abord que la dolichocéphalie, les yeux bleus et la carnation blanche sont les traits caractéristiques des familles nobles dans la plupart des pays de l'Europe. Un anthropologiste de mérite, M. Adrien Arcelin, a ici même exposé cette question, et précisément à propos d'un des travaux cités par M. Penka, celui de M. Durand (de Gros) sur les races nobles de l'Aveyron (1). Le jugement qu'il a porté s'applique à toutes les thèses similaires. Or voici ce jugement, nous en résumons la clause finale : « Historiquement parlant, la thèse de M. Durand (de Gros), comme l'a fait remarquer M. de Mortillet, pèche par la base, attendu que la noblesse française n'a jamais formé une caste séparée du reste de la nation. » Et M. Arcelin concluait en ces termes : La thèse de M. Durand (de Gros) n'a donc à tous les points de vue qu'une base bien fragile.

Nous aurons très vite fait de réfuter les arguments historiques, linguistiques et archéologiques de M. Penka. Franchement, c'est de l'érudition en pure perte. Que peut bien signifier cette espèce de distinction morale accordée aux cheveux blonds et aux teints pâles ? A peu près tout ce qu'on veut, excepté ce que M. Penka prétend en tirer. Hélas ! la mode a ses caprices, et si l'*Edda* scandinave chante les yeux bleus et les chevelures couleur d'épi, les *Lois de Manou* célèbrent le brahmane aux cheveux dorés, et l'on sait le mot d'Horace : *Spectandum nigris oculis, nigroque capillo.* Caton l'ancien admirait la physionomie de Sylla, mais Plutarque semble plaisanter cette face rougeaude, saupoudrée de taches blanches à la façon d'une mûre enfarinée. Les purs Aryas blonds de l'Asie centrale sont bien près de passer à l'état de mythe. Un des plus récents explorateurs en Asie

(1) *Revue des quest. scientif.*, t. VII, 1880, pp. 327-330.

centrale, M. de Ujfalvy nous apprend que, dans les tribus de l'Hindou-Kousch, les blonds n'existent qu'à l'état sporadique (1).

M. Penka admet pour la sépulture d'Alexandropol l'interprétation de von Baer ; mais qui ne voit combien cette interprétation est contestable ?

Ce que l'auteur affirme de l'absence des ténues, *k*, *t*, *p* dans l'aryaque primitif est une de ces idées *excentriques* signalées par M. Tomaschek, d'ailleurs favorable à l'ensemble du nouveau système (2).

En retrouvant dans les noms ethniques, *Arya*, *Germani*, *Galli*, des dénominations rappelant la coloration du teint, M. Penka reprend une vieille théorie de M. Baissac (3), dont nous avons autrefois déjà dénoncé le peu de solidité (4) et que M. Tomaschek, cette fois encore plus sévère que nous, relègue au pays des bizarreries.

Enfin Tacite contredit formellement ce que M. Penka nous dit des retranchements élevés partout par les races dolichocéphales pour se défendre de la révolte des brachycéphales vaincus. Les Germains, d'après Tacite, n'ont pas de villes, ni de demeures contiguës, mais leurs habitations sont un peu placées au hasard, ici près d'une source, là dans la plaine, plus loin sur la lisière d'un bois. Est-ce là se retrancher? Sans doute M. Penka essaie d'interpréter le témoignage de l'écrivain classique, mais son explication est peu satisfaisante.

Il n'y a donc pas moyen de se faire illusion, pas un des arguments invoqués en faveur du type germanique et de ses prétendus droits à représenter l'Arya primitif ne reste debout. Et l'on n'a pas encore répondu à la question posée un jour par Virchow : « Qui donc pourrait fournir la preuve que les Aryas primitifs étaient tous dolichocéphales et avaient les yeux bleus, les cheveux blonds et la carnation blanche (5) ? » Pourtant c'est la base de tout l'édifice si péniblement échafaudé par M. Penka. Car on ne peut dénier à son livre le mérite d'une grande érudition ; l'auteur est un familier de la science, aucun fait ne lui échappe, mais la critique manque presque partout.

Nous pourrions finir ici ; le lecteur qui a eu le courage de nous

(1) Voir notre travail : *Le Plateau de Pamir d'après les récentes explorations*, p. 19.

(2) En écrivant ces lignes, nous faisons allusion au travail de M. Tomaschek publié dans *Globus*. Mais, dans un autre compte rendu de l'ouvrage de M. Penka *(Literatur-Blatt für orient. Phil.*, Bd I, H. 3, p. 131), M. Tomaschek semble revenir de sa première admiration, et déclare insoutenable la thèse de M. Penka.

(3) *Des dénominations ethniques de la race aryane.*

(4) Dans notre travail : *Le Nom primitif des Aryas*, p. 48.

(5) *Die Urbevölkerung Europa's*, p. 33.

suivre doit être désagréablement affecté du spectacle des ruines qui se sont amoncelées sous nos pas. Mais il faut bien poursuivre notre œuvre, et discuter maintenant la seconde assertion de M. Penka, quand il assigne la Scandinavie pour berceau aux Aryas.

La première preuve devait établir que les Germano-Scandinaves sont les vrais et seuls Aryas. Conclusion immédiate : il faut retrouver le premier séjour des Aryas en Germanie ou en Scandinavie. Mais les raisons les plus puissantes font pencher pour cette dernière contrée.

D'abord les mensurations craniennes attestent la persistance de l'indice dolichocéphalique en Scandinavie, tandis qu'en Allemagne, surtout à mesure qu'on descend vers le sud, l'indice est franchement brachycéphalique. Voici quelques chiffres : En Danemark, les dolichocéphales sont représentés par 57 p. c.; il y a 37 p. c. de mésaticéphales et seulement 6 p. c. de brachycéphales. En Bavière, à côté de 83 p. c. de brachycéphales, on retrouve à peine 16 p. c. de mésaticéphales et 1 p. c. de dolichocéphales.

Chose étrange et qui prouve à l'évidence pour M. Penka que les Aryas ne sont pas indigènes en Allemagne, c'est que les constitutions faibles, les morts prématurées se rencontrent davantage chez les personnes de conformation dolichocéphalique. On constate en Allemagne un vrai dépérissement des blonds, preuve bien forte que les Aryas sont originaires du Nord.

Cette induction serait confirmée par les traditions historiques. L'*Avesta-Zend* fait venir les Éraniens d'un pays où l'été n'a que deux mois, l'Odyssée que M. Penka identifie avec la légende germanique d'*Orendel (Orentil, Aurvandil)* est l'histoire d'un héros du Nord, et la scène se passe dans les régions septentrionales, comme le montrent les épisodes des Lestrigons et des Cimmériens.

C'est de la même manière que s'explique la présence des nombreux termes relatifs à la navigation, révélés par le lexique aryaque.

Si la thèse de l'origine asiatique des Aryas se réclame du contact des Aryas avec les Sémites, les partisans de l'hypothèse européenne invoquent les influences des races altaïques, influences qui n'ont d'autre explication qu'un séjour prolongé des deux races dans des régions limitrophes. Or M. Ahlqvist retrouve le berceau des Ougro-Finnois entre le 60e et le 64e degré de latitude N.

Tels sont les arguments capitaux qui militent pour faire de la Scandinavie le premier domaine des Aryas. On cite bien encore quelques textes peu significatifs des anciens ; il y a surtout la fameuse phrase où Jornandès appelle la *Scandza insula* « *quasi officina gentium et va-*

gina nationum. » Mais tous ces témoignages peuvent et doivent s'entendre dans un sens bien différent de celui qu'on leur prête.

L'induction tirée de la persistance du type dolichocéphalique en Scandinavie tombe par la chute du système de M. Penka sur le caractère physique des premiers Aryas.

L'auteur s'abuse aussi sur la valeur historique de l'Avesta : les migrations dont il est question au premier Fargard concernent les seuls Éraniens, et il n'y a rien à tirer de ce récit pour le pays d'origine des Aryas (1). Les idées de M. Penka sur l'Odyssée se rangent tout naturellement parmi les thèses excentriques dont parle M. Tomaschek.

Nous ne pouvons que louer M. Penka d'avoir porté son attention sur les relations des Aryas avec les peuples touraniens. C'est un point qu'on a jusqu'ici trop laissé dans l'ombre, et pourtant il peut venir de ce côté de grandes lumières. A cet égard, nous signalons à nos lecteurs un très intéressant article de notre savant ami, M. Tomaschek, professeur à l'Université de Gratz (2). Dans cette curieuse étude sur les anciens peuples de l'Europe orientale, il démontre que, d'une part, les Aryas ont exercé dans les temps historiques une influence prépondérante sur les langues et les mœurs des Ougro-Finnois du Nord, et que, d'un autre côté, dans le vaste domaine linguistique ouralo-altaïque se sont infiltrés, dès les temps préhistoriques, des éléments aryaques nombreux et importants. M. Tomaschek en conclut que le *placenta* de la race aryenne doit être cherché au nord, non loin du centre des races touraniennes.

Toutefois, si nous sommes très convaincu que l'étude comparée des langues aryennes et altaïques hâtera la solution du problème de nos origines, il ne nous paraît pas que le contact signalé entre les Aryas et les Touraniens entraîne pour ceux-là l'hypothèse d'une orientation septentrionale. Avant l'émigration des Aryas en Europe, les Touraniens occupaient un espace de terrain considérable depuis la Finlande jusqu'au détroit de Behring. Les Aryas vivaient donc côte à côte avec eux, au delà de l'Iaxarte et du lac Aral.

Enfin, quand Jornandès appelle la Scandinavie *officina gentium*, l'historien des Goths n'a en vue que sa propre nation. Et en effet les Goths, que Pythéas de Marseille signale dès le IVe siècle avant J.-C. sur les bords de la Baltique, revinrent plus tard, au IIIe siècle après J.-C., se fixer dans le bassin du bas Danube.

Il est du reste contraire aux faits de vouloir dériver de la Scandina-

(1) Voir notre *Berceau des Aryas*, pp. 10-29.
(2) Dans la revue *Das Ausland*, n° du 3 septembre 1883.

vie le mouvement civilisateur que les Aryas vinrent imprimer à l'Europe. A l'exposition de géographie annexée au Congrès de Paris en 1875, un savant archéologue suédois, M. Montelius, montrait une carte des tombeaux de l'âge de la pierre. Eh bien, à cette époque déjà, les migrations des peuples se tracent nettement : un coup d'œil montre comment la Suède s'est successivement peuplée du sud-ouest au nord (1).

Nous ne suivrons pas M. Penka dans la seconde partie de son travail. Contentons-nous de l'indiquer très brièvement.

Si l'on étudie la répartition des races sur le globe, on sera frappé de voir les Aryas séparés des Sémites par une immense bande occupée par les Touraniens brachycéphales. Or les Aryas sont intimement liés aux Sémites : au point de vue anthropologique, ils constituent un seul et même groupe ethnique. Par conséquent, il y eut une époque où les Aryo-Sémites vivaient réunis soit vers le nord, ce qui doit être plus probable, après ce que M. Penka a essayé de prouver, soit vers l'Asie, hypothèse pour lui moins admissible.

Mais comment les Touraniens sont-ils parvenus à se glisser entre les Aryas et les Sémites, de manière à former cette immense enclave? Deux hypothèses sont possibles, dit M. Penka. L'élément touranien fit invasion d'Asie, rejetant les Aryas au nord de l'Europe et les Sémites en Asie; ou bien les Aryo-Sémites émigrèrent spontanément les uns vers le nord, les autres vers le sud. Or ces deux hypothèses ne sauraient être admises. Partout les Touraniens obéissent aux Aryas, et jamais un peuple n'abandonne sans y être forcé ses premiers établissements.

Il reste que le centre de l'Europe était inoccupé, que les régions polaires seules étaient habitées et que, lorsque l'émigration fut devenue un besoin pour l'humanité, les Sémites prirent les devants, puis ce furent les Touraniens, et les Aryas restèrent au pays d'origine.

Ainsi pour M. Penka, comme pour MM. Heer, de Saporta et Wagner, « il faut reculer au *nord*, jusque dans les régions circompolaires, le berceau probable de l'humanité primitive. De là seulement elle aura pu rayonner comme d'un centre pour s'étendre dans plusieurs continents à la fois et donner lieu, après s'être différenciée sur place, le long des plages de la mer polaire à des émigrations successives, véritables essaims destinés à se propager, à se pousser et à se remplacer tour à

(1) L. Delgeur, *Rapport sur le congrès et l'exposition géographique de Paris*. Dans le dernier numéro de la *Nordisk Tidskrift*, M. Montelius a publié sur les populations préhistoriques un article très instructif, où il montre les Scandinaves arrivant des vallées du Danube.

tour, jusqu'au moment où chacun d'eux se sera cantonné dans une région à part plus ou moins avancée vers le sud, et s'y sera arrêté pour revêtir des caractères et des aptitudes définitives. Telle est la théorie qui s'accorde le mieux avec la marche présumée des races humaines (1). »

Elle s'accorde surtout avec les rêves d'une imagination très développée que nous ne pouvons nous attarder à discuter davantage. Aussi bien, il a fallu toute l'importance que nous attachons au sujet traité par M. Penka pour nous excuser d'avoir trop longtemps retenu l'attention du lecteur sur cette ethnographie aventureuse.

J. Van den Gheyn, S. J.

VI

Encyclopédie chimique publiée sous la direction de M. Fremy ; t. V, 2e section, 2e fascicule : *Éclairage électrique*, par M. Violle, professeur à la Faculté des sciences de Lyon ; Paris, Dunod, 1883.

Ce sera une œuvre considérable, pour ne pas dire colossale, que l'Encyclopédie chimique publiée en ce moment sous la direction de M. Fremy par une réunion d'anciens élèves de l'École polytechnique, de professeurs et d'industriels. Elle embrasse la chimie physique (tome I), la chimie générale inorganique (tomes II et III, métalloïdes et métaux), l'analyse chimique (tome IV), les applications de chimie inorganique (tome V, produits chimiques, industries chimiques, métallurgie), la chimie organique (tomes VI, VII et VIII), la chimie biologique et la chimie physiologique (tome IX), et enfin les applications de chimie organique (tome X). Cet ouvrage, rédigé dans toutes ses parties par des spécialistes distingués, fera autorité dans le monde savant et industriel.

Nous nous proposons de parcourir aujourd'hui le fascicule qui a rapport à l'éclairage électrique, question d'intérêt général et toute d'actualité.

Le sujet y est traité par M. Violle avec concision et méthode. Plus de 200 figures sont intercalées dans le texte.

L'auteur dit d'abord un mot des divers moyens de produire l'élec-

(1) *Revue des deux mondes*, 1er mai 1883, p. 94.

tricité (1). Tout le monde connaît aujourd'hui, au moins dans leurs dispositions essentielles, les machines dynamo-électriques à courant continu et à courant alternatif, de Gramme, Siemens, Brush, Lontin, Méritens, etc.; nous ne nous y arrêterons point, et nous passerons immédiatement à l'examen des lampes électriques, qui se répartissent, comme on sait, en deux grandes classes : les lampes à arc voltaïque et les lampes à incandescence.

Lampes à arc voltaïque. — L'arc voltaïque demande, pour se former entre deux électrodes, une force électro-motrice de 25 éléments Bunsen au moins. La température y est extrêmement élevée : elle y atteint 4800° C. environ. La lumière qu'il émet a une couleur blanc violacé, et est très riche en rayons chimiques. Pour les mesures photométriques on prend encore comme unité, faute de mieux, la lampe Carcel brûlant 42 grammes d'huile à l'heure, ou même la bougie : à 1 carcel correspondent 9.6 bougies anglaises (candles) et 7.6 bougies allemandes (kerzen). On distingue, dans l'arc voltaïque, l'intensité lumineuse horizontale : l'intensité maximum, à 50° environ sous l'horizontale ; et l'intensité sphérique moyenne : c'est cette dernière que nous considérerons lorsque nous apprécierons le pouvoir lumineux des divers foyers.

Les charbons artificiels, employés aujourd'hui pour produire les arcs voltaïques, sont préparés spécialement en vue de leur faire acquérir une forte densité en même temps qu'une parfaite homogénéité. On fait une pâte avec

Charbon de bois ou coke pulvérisés . .	15 à 20 parties
Noir de fumée calciné.	5 à 0 —
Sirop (sucre et gomme) ou goudron . .	7 1/2 —
Total	27 1/2 —

Cette pâte est passée à la filière. Celle-ci est munie d'une presse hydraulique; et le cylindre qui précède la filière, et où la pâte est introduite, est entouré d'une chemise de vapeur. Les baguettes obtenues sont cuites au rouge sombre, au rouge cerise, quelquefois même au rouge blanc. On les *nourrit* ensuite en les trempant dans du sirop de

(1) A propos de la pile thermo-électrique de Clamond, il déclare ne pas savoir que cet appareil ait jamais été d'un usage courant. Cela peut être vrai en ce qui concerne l'éclairage ; mais la pile de Clamond est régulièrement employée pour certains autres usages, notamment pour les opérations électrolytiques au laboratoire de chimie analytique de l'Université de Louvain.

sucre, on les sèche et on les fait recuire ; et on répète cette opération jusqu'à ce qu'elles soient devenues très denses et très compactes. Pour le nourrissage, le charbon est introduit dans un vase à chemise de vapeur ; on fait le vide dans ce vase, on y introduit le liquide nourricier, et l'on exerce enfin une pression sur ce liquide pour le faire pénétrer dans les pores vides du charbon. Souvent les charbons sont encore émaillés, ou mieux, métallisés, c'est-à-dire recouverts d'une couche galvanoplastique de cuivre ou de nickel, en vue de diminuer l'usure latérale résultant de l'incandescence sur une assez grande longueur à partir de l'extrémité taillée en pointe.

Parmi les appareils d'éclairage à arc voltaïque, on distingue : 1° les lampes à lumière unique, exigeant chacune un circuit spécial ; 2° les lampes à division de lumière, pouvant se placer en nombre quelconque sur un même circuit ; 3° les bougies.

1° *Lampes à lumière unique.* — Rappelons-nous que les extrémités des charbons s'usent pendant leur fonctionnement, et que cette usure est au pôle positif le double à peu près de celle qui a lieu au pôle négatif. En outre, il se produit parfois des bris, dus au défaut d'homogénéité des charbons. Il en résulte que les extrémités des baguettes placées bout à bout tendent sans cesse à s'éloigner ; et l'arc, en s'allongeant, perd de son éclat. A cette cause de variation de l'arc électrique s'ajoutent les changements fréquents subis par l'intensité du courant. De là la nécessité d'un régulateur, pour maintenir la lumière fixe dans l'espace et lui conserver une intensité constante. La fixité de la lumière est absolument indispensable dans les appareils à projections ; pour l'éclairage ordinaire cela a moins d'importance, et l'on se contente souvent de rendre mobile, pour le rapprochement, l'un des deux porte-charbons.

Il convient aussi que l'allumage des lampes se fasse automatiquement.

Pour satisfaire à ces diverses conditions, on est obligé de recourir à des dispositifs plus ou moins encombrants : on les place autant que possible à la partie supérieure des lampes, pour ne pas intercepter les rayons lumineux projetés vers le bas ; ou bien l'on fait usage de réflecteurs diffusants placés au-dessus de la lampe.

Dans les régulateurs, on utilise principalement, pour corriger les inégalités de la lumière, les variations mêmes du courant. Il existe un très grand nombre de régulateurs ; bornons-nous à en esquisser les principaux types.

Le premier a été imaginé par Foucault. Le courant, avant de

franchir l'arc, passait à travers les spires d'un électro-aimant. Celui-ci agissait sur un fer doux, communiquant avec les porte-charbons par l'intermédiaire de leviers, rouages, cordons et ressorts : quand le courant se renforçait, le fer doux était attiré, et ce mouvement ralentissait l'action des ressorts disposés en vue de rapprocher constamment les charbons. Dans l'appareil Foucault perfectionné par M. Duboscq (1849), le mécanisme intermédiaire entre l'électro-aimant et le ressort antagoniste est plus précis, mais aussi plus compliqué : il comprend deux mouvements d'horlogerie agissant en sens inverse, l'un pour le recul, l'autre pour le rapprochement des charbons.

Le régulateur Archereau (1850) se composait simplement d'un solénoïde agissant sur un noyau de fer doux auquel était attaché l'un des porte-charbons. A l'état de repos, les charbons étaient maintenus l'un contre l'autre au moyen d'un contrepoids. M. Gaiffe (1859) remplaça ce contrepoids par un ressort, et rendit les deux porte-charbons mobiles par l'intermédiaire d'une double crémaillère. M. Jaspar perfectionna ce type en adoucissant les mouvements par une cataracte, et en utilisant comme moteur, au lieu du ressort, le poids du porte-charbon supérieur. Enfin M. Carré modifia encore cet appareil, en y introduisant notamment un système de rouages.

Le régulateur Serrin (1863) et ses dérivés, les appareils Suisse, Maxim et Bürgin, diffèrent du type précédent par l'emploi d'un parallélogramme oscillant, combiné avec l'action de rouages, encliquetages et ressorts, pour la transmission du mouvement de rapprochement. Ce parallélogramme subit par sa base l'influence du solénoïde destiné à produire l'écartement des charbons. Dans la lampe Bürgin, un frein appliqué au mécanisme d'horlogerie modère le mouvement de rapprochement des charbons.

Dans la lampe Cance, le solénoïde agit sur le porte-charbon supérieur à l'aide d'un mécanisme particulièrement ingénieux composé de vis, rouages, leviers et bielles.

Au lieu de baguettes, M. Wallace Farmer emploie des plaques de charbon, entre lesquelles l'arc jaillit aux points où la résistance est la plus faible. Mais la lumière est peu intense et manque de fixité.

D'autres (MM. Werdermann, Dubos, Heinrich, Puviland) donnent aux charbons une courbure circulaire, et les attachent à un axe situé à leur centre de courbure : mais ces charbons courbes sont difficiles à fabriquer.

On a aussi tiré parti de la réaction électrodynamique, ou de la répulsion des éléments contigus d'un même courant, pour effectuer la

régulation. Cette répulsion vient, par exemple, agir à l'encontre de l'action de la pesanteur dans une espèce de compas vertical à branches très mobiles portant à leurs extrémités des baguettes de charbon (lampe Van Malderen) ; ou à l'encontre de la force de torsion dans une sorte de balance de Coulomb (lampe Fernet). La lumière de ces lampes manque de fixité.

Le type de lampe imaginé par M. Rapieff (1876) se fait remarquer par l'absence de tout mécanisme autre qu'un électro-aimant pour l'écartement initial, et parfois un système de cordons et contrepoids pour aider au rapprochement des charbons, celui-ci pouvant souvent s'effectuer sous la simple action de la pesanteur. Chaque électrode est composée de deux baguettes de charbon inclinées l'une sur l'autre en forme de V, et dont l'intersection est fixe dans l'espace. M. Gérard et M. Killingworth Hedges ont modifié et perfectionné cet appareil.

Enfin M. Solignac opère le rapprochement des charbons en les rendant solidaires d'une baguette de verre, laquelle, en cas d'allongement de l'arc voltaïque, s'échauffe, se ramollit et cède sous l'action d'un ressort qui tend à en rapprocher les extrémités.

Les lampes à lumière unique sont employées principalement pour l'éclairage des phares. L'appareil Serrin fonctionne au phare de la Hève depuis 1863. C'est aussi un régulateur Serrin qui illuminait en 1881 le phare central de l'Exposition d'électricité à Paris. Lors des expériences faites pendant la dernière période de cette exposition, une lampe Serrin, d'une intensité lumineuse moyenne de 931 carcels, a présenté un rendement de 79,6 carcels par cheval mécanique (la résistance de la machine électrique étant très faible). — La lampe Maxim fonctionne aux États-Unis sur plusieurs bateaux de rivière. Celle qui, à l'Exposition d'électricité, se trouvait au-dessus de la porte du Palais de l'Industrie avait une intensité lumineuse moyenne de 239 carcels, et fournissait 58,7 carcels par cheval mécanique.

2° *Lampes à division de lumière.* — Avec les systèmes précédemment décrits, le réglage de l'écartement des charbons étant, comme nous l'avons vu, déterminé par les variations d'intensité du courant, s'il y avait plusieurs lampes placées sur un même circuit et qu'un accident survînt à l'une d'entre elles, cet accident, en modifiant l'intensité du courant influencerait nécessairement toutes les autres lampes, et la marche de l'éclairage cesserait d'être régulière. Il faut donc, si l'on veut placer plusieurs appareils à arc voltaïque sur un même circuit, recourir à des dispositifs spéciaux, empêchant les variations d'un foyer de se faire sentir aux autres. Il faut également qu'en cas

d'extinction complète d'une lampe, le courant ne cesse de se communiquer aux autres avec l'intensité voulue. Dans ce but, on ajoute à chaque appareil un *contact de sûreté* commandé par un électro-aimant en dérivation. Quant à la première condition, elle se trouve remplie : A) par l'adoption du système de *lampes* dites *différencielles;* B) par celle des *lampes à dérivation* ; C) par la *distribution* convenable de l'électricité à des régulateurs monophotes montés en *dérivation résistante.*

A. Lampes différencielles. — Un noyau de fer doux est placé à ses deux extrémités dans l'axe de deux solénoïdes, dont l'un, par exemple celui de dessus, est à fil très mince, et l'autre à fil plus gros. La partie du noyau comprise entre les deux solénoïdes est attachée à l'extrémité d'un balancier dont le côté opposé reçoit le porte-charbon. Le courant suit deux voies différentes, l'une comprenant le solénoïde à gros fil et l'arc voltaïque, l'autre le solénoïde à fil fin installé en dérivation sur le circuit. D'après les lois de l'électrodynamique, le courant se partage entre ces deux voies en raison inverse de leurs résistances respectives, et le rapport est toujours constant quelle que soit l'intensité du courant : cette intensité pourra donc varier sans que l'arc subisse de ce chef aucune variation. Mais si l'arc s'allonge par suite d'usure ou de bris des charbons, la résistance augmentant, l'action de la bobine de dérivation devient prépondérante, et la différence entre les influences respectives des deux bobines sur le noyau de fer doux fait remonter celui-ci. Si, au contraire, la résistance de l'arc diminue, c'est la bobine à gros fil qui l'emporte, et le noyau descend pour écarter les charbons.

C'est sur ce principe que sont établis les régulateurs différenciels de Siemens, Pilsen, Brush, Weston, Egger, Tchikoleff et Schukert. Dans la lampe différencielle de Siemens (1879), le mouvement de rapprochement des charbons est régularisé par un petit pendule ; et celui du noyau de fer doux est rendu gras par une pompe à air. La lampe Pilsen se distingue par la simplicité de son mécanisme et la taille fusiforme de son noyau. La lampe Brush est également simple et ingénieuse : les mouvements y sont adoucis par une cataracte à glycérine. On peut en dire autant de la lampe Weston, qui se fait en outre remarquer par la grande régularité de son fonctionnement.

Les lampes différencielles de Siemens à crayons de 10^{mm} à 14^{mm} de diamètre qui figuraient à l'Exposition de 1881, avaient un pouvoir lumineux variant entre 39 et 205 carcels ; l'intensité lumineuse par cheval mécanique était de 28,6 à 77,2 carcels. — Le système

Brush, qui fonctionne depuis plusieurs années en Amérique, notamment dans les rues de New-York, était représenté à l'Exposition par des lampes d'une intensité lumineuse moyenne de 39 carcels, donnant en moyenne 52 carcels par cheval mécanique. — Les appareils Weston avaient une intensité lumineuse moyenne de 85 carcels, et donnaient 65,3 carcels par cheval.

B. Lampes à dérivation. — On installe les lampes monophotes ordinaires de façon à ce que la bobine de réglage soit en dérivation sur le circuit principal : quand l'arc s'allonge dans une lampe, l'intensité diminue dans le courant principal, mais s'accroît dans la bobine ; il y a ainsi compensation presque complète.

M. Tchikoleff et M. Lontin ont modifié dans ce sens les régulateurs Foucault et Serrin. M. Mersanne dispose d'habitude les charbons horizontalement à la partie inférieure du mécanisme, et il fait usage d'armilles réfléchissantes. M. Gramme intercale dans le circuit dérivé, à la suite de l'électro-aimant, un mécanisme trembleur, qui, en cas d'allongement de l'arc, imprime au porte-charbon supérieur une série de déplacements minimes et saccadés : on supprime ainsi les oscillations qui accompagnent ordinairement le mouvement des charbons sous l'action de forces antagonistes. D'autres dispositifs très intéressants ont été imaginés par MM. Berjot, Crompton, Gérard, Brockie, etc.

Les lampes Gramme de l'Exposition présentaient une intensité lumineuse moyenne de 102 carcels, et donnaient 63,8 carcels par cheval mécanique; celles de Berjot, avec une intensité lumineuse moyenne de 154 carcels, fournissaient 59,7 carcels par cheval mécanique ; et celles de Crompton, dont le pouvoir éclairant équivalait à 82 carcels, rendaient 46,2 carcels par cheval.

C. Division par distribution. — Supposons que l'on ait 12 lampes à monter sur un circuit. Le fil de section 12 se divisera en arrivant à la première lampe : un fil de section 1 se rendra à la lampe, et le fil du circuit conservant une section 11 se dirigera vers la 2e lampe où il laissera de même un fil de section 1 ; et ainsi de suite.

C'est d'après ce principe que sont installés les régulateurs Gravier et Gülcher. Ce dernier est remarquable par la fixité de son arc et la simplicité de son mécanisme. L'électro-aimant, disposé horizontalement, pivote sur un axe horizontal. En face de l'une des extrémités de cet électro-aimant est le porte-charbon supérieur, fait en fer, et relié au porte-charbon inférieur par un cordon passant sur une poulie. En marche normale, le porte-charbon supérieur est saisi par l'électro-aimant, qui, occupant une position inclinée, le maintient légèrement

soulevé. Si le courant s'affaiblit, l'électro-aimant laisse glisser un peu le porte-charbon, et le rapprochement s'effectue.

Nous avons ainsi indiqué les principaux systèmes de lampes à arc voltaïque et à régulateur. On voit que le rendement moyen de ces lampes peut être évalué à environ 80 carcels pour 1 cheval de travail mécanique dépensé, les foyers les plus intenses étant d'ailleurs les plus avantageux au point de vue économique.

3° *Bougies électriques.* — Si, au lieu de faire comme ci-devant jaillir l'arc entre deux charbons placés bout à bout, on le fait jaillir au moyen d'un courant alternatif à la partie supérieure de deux charbons placés côte à côte, de façon à simuler grossièrement une bougie, les charbons s'useront également, et l'arc restera à peu près invariable sans qu'il soit nécessaire d'employer aucun régulateur ni aucun dispositif spécial pour obtenir la division de la lumière ; on pourra placer plusieurs de ces bougies sur un même circuit, en ayant seulement soin d'y adapter des *parachutes* produisant, en cas d'accident survenu à une bougie, le remplacement de celle-ci par une résistance équivalente, de façon à ce que la marche des autres brûleurs du circuit ne soit pas troublée.

Jablochkoff, qui fut l'inventeur de ces appareils (1876), sépara les charbons par du kaolin, qui fondait et se volatilisait dans l'arc. Au kaolin on substitua ensuite, comme matière isolante ou colombin, un mélange de plâtre et de sulfate de baryte, lequel se volatilise sans se fondre et charge l'arc de particules incandescentes. Les charbons ont 4 ^{mm} de diamètre ; la lame de colombin, 3 ^{mm} de largeur et 2 ^{mm} d'épaisseur. L'appareil est entouré d'un globe diffuseur. La bougie Jablochkoff a l'inconvénient de manquer de fixité, de se colorer de teintes diverses, de s'éteindre assez facilement et de produire un sifflement peu agréable. Néanmoins on en consomme journellement plusieurs milliers sur les places publiques, dans les rues, les gares, les magasins, etc.

M. Rapieff et M. Wilde (1878) suppriment le colombin dans la bougie électrique. Dans la bougie Wilde, les deux charbons sont saisis chacun par une pince. L'une de ces pinces est fixe ; l'autre est mobile, et, avant le fonctionnement de l'appareil, inclinée de façon à ce que les deux charbons se touchent à leur sommet. Lorsqu'on lance le courant dans la bougie, un électro-aimant redresse un peu la pince mobile : l'arc jaillit et se maintient à la partie supérieure en vertu de sa légèreté spécifique, des actions électrodynamiques exercées sur lui par les charbons, et enfin de la légère obliquité conservée au charbon mobile.

M. Jamin (1879) supprime également le colombin et emploie, pour maintenir l'arc à l'extrémité des charbons alors même que le courant est peu intense, un cadre directeur en fil de cuivre fin traversé par le courant. La bougie peut alors être placée la pointe en bas. Elle est à feu nu ou à globe diffuseur.

Dans la bougie Debrun, les deux charbons sont fixes et parallèles, sans interposition de colombin. Pour l'allumage, on fait jaillir l'arc à la partie inférieure, au contact d'un petit morceau de charbon commandé par un électro-aimant en dérivation. L'arc remonte rapidement à la partie supérieure, où il se fixe.

D'après les expériences faites à l'Exposition de 1881, la bougie Jablochkoff, d'une intensité lumineuse moyenne de 20,2 à 23,7 carcels, donne de 31,3 à 34,8 carcels par cheval mécanique ; celle de Jamin, d'une intensité lumineuse moyenne de 9,4 à 17,4 carcels, rendait 19,7 à 32,0 carcels par cheval mécanique. Les différences constatées pour une même bougie tiennent au type de machine employé et au nombre d'appareils intercalés sur le circuit. Les foyers les plus intenses sont, comme toujours, les plus avantageux au point de vue du rendement. La moyenne de ce rendement est de 30 carcels environ par cheval de travail mécanique dépensé.

Lampes à incandescence. — L'incandescence fut produite d'abord sur un fil de platine, puis sur un filament de charbon. Le charbon possède un pouvoir rayonnant plus grand que le platine, sa capacité calorifique est beaucoup moindre, sa résistance électrique est 250 fois plus élevée ; enfin le charbon est infusible, tandis que le platine fond à une température élevée, et se désagrège longtemps avant de fondre. Les fils de charbon, lorsqu'ils sont bien préparés, c'est-à-dire lorsqu'ils ont l'homogénéité et la cohérence voulues, sont beaucoup moins exposés à se désagréger et à se briser.

L'incandescence peut être produite dans l'air, elle est alors accompagnée de combustion ; ou bien dans le vide, c'est l'incandescence pure.

Lorsqu'on veut placer plusieurs lampes en tension sur un même circuit, on munit chacune d'elles d'un *relais* qui la remplace en cas d'extinction accidentelle. Le plus souvent ces lampes, notamment celles à incandescence dans le vide, sont montées en dérivation.

1° *Lampes à incandescence dans l'air.* — M. Reynier (1878) construisit la première lampe de ce genre. Une baguette verticale de charbon, posée sur un bloc de la même matière, reçoit le courant à peu de distance de ce bloc : un petit arc jaillit au bas de la baguette,

qui devient elle-même incandescente sur une longueur variant de 3 à 8 millimètres, et se consume lentement. Son propre poids la fait descendre au fur et à mesure qu'elle se consume. La lumière produite varie de 4 à 30 carcels, suivant la grosseur du charbon et l'intensité du courant.

M. Werdermann (1878) a donné à la lampe Reynier une position renversée, de façon à ce que le bloc d'appui n'intercepte plus aucune partie de la lumière. Napoli, de son côté, y a introduit de nouveaux perfectionnements.

2° *Lampes à incandescence dans le vide.* — Les divers systèmes de lampes à incandescence dans le vide, lampes Edison, Swan, Maxim, Lane-Fox, etc., ne diffèrent guère entre eux que par la matière dont est confectionné le fil de charbon, la forme de ce fil, et la manière de faire le vide. Remarquons que le charbon est toujours fabriqué avec une matière siliceuse. Le vide est fait sur l'air, sur un gaz hydrocarburé ou sur l'azote ; il est toujours poussé à un degré extrême, le fil étant porté à l'incandescence pendant les derniers instants de l'opération.

Les lampes à incandescence dans le vide se font remarquer par leur extrême simplicité et leur lumière agréable.

M. Edison (1880) emploie pour faire son charbon des fibres de bambou qu'il carbonise par des procédés spéciaux ; le produit est homogène et flexible. Le fil de charbon est à ses deux extrémités réuni à deux fils de platine par du cuivre déposé galvaniquement, puis introduit dans une ampoule en verre. Les fils de platine sont scellés à la base de l'ampoule. On fait alors le vide à l'aide d'un aspirateur qui, en dix minutes, réduit la pression à 1 millionième d'atmosphère. La lampe est enfin fermée. Le fil offre habituellement la forme d'un fer à cheval. Il a $0^{mm}35$ de largeur et une épaisseur de $0^{mm}20$ seulement ; sa longueur, dans les lampes de 16 candles, est de $0^{m}12$; dans les demi-lampes, qui donnent normalement 8 candles, cette longueur est réduite de moitié environ. Toutes les lampes sont montées en dérivation, et partant indépendantes l'une de l'autre. Le système Edison est muni d'une foule d'accessoires qui le rendent commodément applicable aux usages les plus variés : pieds, bras articulés, robinets d'allumage et d'extinction, fils préservateurs en cas d'intensité trop grande du courant, réflecteurs, lustres, dispositifs pour la graduation de l'intensité lumineuse, etc. Notons encore le compteur d'électricité, consistant en une balance dont le fléau porte aux extrémités deux lames de cuivre de poids égal immergées dans une solution de sulfate cuivrique : le

système étant posé sur un circuit dérivé, l'une des lames se dissout, l'autre se charge de cuivre électrolytique ; un mouvement de bascule s'opère ; les contacts sont intervertis ; et la lame surchargée se dissout à son tour tandis que la lame amincie reçoit le dépôt, jusqu'à ce qu'un nouveau mouvement de bascule se produise ; un mécanisme enregistre ces mouvements.

Dans la lampe Swan (1880), le charbon provient de la calcination en vase clos, au rouge blanc, d'un fil de coton parcheminé par immersion dans l'acide sulfurique et roulé ensuite dans de la poudre de charbon. Ce fil est courbé en boucle.

Dans celle de Lane-Fox, le fil incandescent est une fibre de chiendent en forme d'U. Le vide est fait au moyen d'une pompe à mercure.

La lampe Maxim a son charbon constitué d'une étroite bandelette de carton bristol, préalablement roussi entre deux plaques de fonte. Sa forme est celle d'un M. Le vide est fait sur une atmosphère hydrocarburée ; on achève la carbonisation du carton en faisant passer le courant.

Enfin la lampe Muller-Nothomb consiste en une plaque de parchemin carbonisée et découpée en forme de fer à cheval ; le vide est fait sur une atmosphère d'azote.

Ces diverses lampes fonctionnent dans des conditions économiques à peu près identiques. Pour une intensité moyenne sphérique de 1,2 carcel, on obtient un rendement de 10 carcels environ par cheval mécanique.

Les accumulateurs ou piles secondaires, recueillant 66 p. c. du travail total dépensé et restituant aux lampes 60 p. c. du travail emmagasiné, peuvent être adaptés utilement aux systèmes d'éclairage par incandescence, surtout à titre de réserve destinée à suppléer à un arrêt temporaire de la machine motrice.

3° *Lampe-Soleil.* — Cet appareil est dû à MM. Clerc et Bureau (1880). C'est une espèce de lampe Drummond électrique. L'incandescence est produite dans l'air sur un bloc de marbre ou de magnésie comprimée, au contact de la face interne de l'arc voltaïque. Cet arc a jusqu'à 8 centimètres de longueur. Il est établi entre deux baguettes de charbon légèrement inclinées sur la verticale et descendant par leur propre poids. L'allumage est produit par une sorte d'amorce en plombagine qui réunit les extrémités des deux baguettes. La lumière est très fixe, très douce, et dorée comme celle du soleil ; on peut la concentrer très facilement dans une direction déterminée en disposant convenablement le bloc de chaux, qui fait l'office de réflecteur. Tout au plus peut-on

reprocher à cet appareil un léger ronflement occasionné par l'emploi de courants alternatifs. En cas d'extinction d'une lampe, chose qui se présente rarement, il s'en allume immédiatement une autre. Les lampes-soleil de l'Exposition avaient une intensité de 120 carcels et dépensaient environ deux chevaux-vapeur.

L'éclairage électrique convient tout particulièrement aux larges espaces : chantiers, gares de chemin de fer, usines, places publiques, rues, magasins. Dans les magasins d'étoffes, il a l'avantage de conserver à celles-ci leur nuance naturelle. Les appartements peuvent très bien s'accommoder de la lumière électrique, surtout de celle que fournissent les lampes à incandescence. L'emploi général de régulateurs électriques pour l'éclairage des phares est dès à présent chose décidée, au moins en principe. Au théâtre, l'électricité est de plus en plus employée pour les effets de lumière sur la scène (lever de soleil, clair de lune, arc-en-ciel, fontaines jaillissantes, ballets, etc.), et elle ne tardera pas sans doute à l'être aussi pour l'éclairage de la salle, tant à cause de la beauté de sa lumière que de la sécurité qu'elle procure au point de vue des incendies. L'art de la guerre, sur terre et sur mer, s'est également approprié l'éclairage électrique. La lumière électrique rend chaque jour de nombreux services à l'enseignement au moyen des projections, et à l'art photographique. La médecine elle-même s'aide aujourd'hui de cette lumière : le polyscope de M. Trouvé, consistant essentiellement en un fil mince de platine situé au foyer d'un réflecteur et rendu lumineux au moyen d'une pile Planté, permettrait d'éclairer la bouche, le pharynx, et même l'estomac, la vessie, etc.

Bref « la lumière électrique, dit en terminant M. Violle, peut remplacer partout les anciens luminaires. Elle se recommande par ses précieuses qualités : blancheur, échauffement insensible, viciation nulle de l'air. » En ce qui concerne le côté économique de son emploi, nous ajouterons que les lampes électriques peuvent lutter avantageusement avec les autres foyers lumineux lorsque ceux-ci ont une intensité assez grande, soit au minimum 1 carcel environ : mais elles ne semblent pas pouvoir encore, à l'heure qu'il est, remplacer économiquement les becs de gaz de petit calibre, ni les petites lampes à pétrole ou à huile, employés dans les ateliers où la lumière doit avant tout être très divisée, comme aussi pour l'éclairage des intérieurs modestes.

J. B. André.

VII

ANNUAIRE pour l'an 1884, publié par le BUREAU DES LONGITUDES. — Paris, Gauthier-Villars.

Nous continuons notre agréable tâche annuelle en rendant compte de l'*Annuaire* du *Bureau des longitudes* pour 1884.

De la partie technique, de ce qui compose l'Annuaire à proprement parler, nous n'avons, cette fois, que peu de chose à dire. En dehors de la mise à jour de ceux des renseignements dont il se compose et qui reçoivent chaque année une modification ou une addition résultant de la marche du temps. il n'y a pas grande innovation apportée, en 1884, à l'Annuaire de 1883. Toutefois cette mise à jour acquiert une assez grande importance dans le *Tableau des Comètes*.

On se rappelle que ce Tableau fut une innovation dans l'Annuaire de 1882. On y donna, pour chacune des comètes apparues de 1871 à 1880, une notice avec indication des divers éléments de l'astre vagabond. L'Annuaire de 1883 agrandit considérablement ce document, en le faisant partir de l'année 1862 et le conduisant jusqu'à l'année 1881 inclusivement. Cette année-ci le même Tableau commence avec l'année 1861 et finit avec l'année 1882, durant laquelle il n'a pas été observé moins de cinq comètes. La plus célèbre, la comète *d*, dont le passage au périhélie se fit le 18 septembre et qui resta visible à l'œil nu jusqu'au 7 mars 1883, est l'objet d'une importante notice de près de quatre pages. Les éléments de cette comète offrent de telles analogies avec ceux des deux grandes comètes de 1843 et de 1880, que les rédacteurs de l'Annuaire n'hésitent pas à les réunir toutes trois dans un même système cométaire possédant la même origine.

Nous n'analyserons pas, si intéressante qu'elle soit, la notice sur la comète de 1882 *d*, déjà très sommaire elle-même. Mieux vaut renvoyer nos lecteurs à son texte.

Arrivons à la partie toujours essentiellement nouvelle dans chaque Annuaire nouveau, à ce qui en constitue la partie littéraire, — car la science aussi a sa littérature, — ce que la tradition a consacré sous la rubrique : *Notices scientifiques*.

La part principale, et comme étendue, et comme mérite littéraire, et comme valeur en tant que haute vulgarisation, appartient, — on

l'a sans doute deviné — à un travail du président du Bureau des longitudes, le savant et sympathique M. Faye.

Ce travail a pour objet *les grands fléaux de la nature*. L'auteur les range au nombre de six, à chacun desquels il consacre un article spécial. Ce sont d'abord *les famines*, sujet qui semble se rattacher bien plus à l'ordre économique et agricole qu'à l'ordre scientifique proprement dit; cependant, comme on le verra, les considérations météorologiques et même astronomiques ne lui sont point étrangères. Le second fléau est décrit sous ce titre : *Les inondations et les déluges ;* peut-être le second des deux termes eût-il été suffisant, l'auteur ne mentionnant qu'incidemment les inondations proprement dites, celles qui proviennent du débordement des rivières et des fleuves. Après les déluges, les *volcans*, autres phénomènes géologiques, puis les *tremblements de terre*, leurs proches parents. Les *tempêtes*, comprenant les ouragans, typhons et les cyclones, sont décrites comme le sixième fléau, et enfin ce phénomène spécial aux cyclones, mais qui a une action bien distincte d'eux, les *trombes et tornados*.

Quelques mots sur chacun de ces six articles.

Les famines se rattachent nécessairement à des phénomènes météorologiques. La grande famine de l'Égypte au temps des pharaons hiqsos ou rois pasteurs, celle de la Palestine au temps du roi Achab en sont d'éclatants exemples. D'un esprit trop élevé et trop sérieusement scientifique pour se donner la vulgaire et vaine satisfaction de lancer à ce propos quelque diatribe ou quelque sotte plaisanterie contre la partie miraculeuse et le caractère inspiré de ces récits, le savant écrivain montre cependant, comme c'est son droit, la part naturelle que purent y avoir la sagacité et l'esprit d'observation de ces deux hommes supérieurs dont l'un s'appelait Joseph et l'autre Élie. S'appuyant sur ces exemples ainsi que sur les fréquentes famines de la Chine et de l'Inde, compagnes habituelles des sécheresses, le président du Bureau des longitudes rattache l'origine de ces fléaux aux lois qui régissent les grands courants atmosphériques : il fait justice en passant de la singulière théorie de William Herschel, qui attribuait les années d'abondance ou de disette à la plus ou moins grande abondance des taches du soleil. Enfin il indique la loi économique au moyen de laquelle les peuples civilisés savent aujourd'hui se soustraire aux famines proprement dites.

Le Zuyderzée, les *polders*, les envahissements de la mer sur le delta du Gange, dans les temps historiques : aux temps antérieurs, les oscillations alternatives du sol terrestre encore mal consolidé, d'où immer-

sions et émersions successives de vastes étendues ; tels sont les sujets de l'article intitulé : *Les inondations et les déluges*. Le savant astronome y parle d'un projet de fixation des dunes hollandaises par des semis de pins maritimes, qu'il avait, dans sa jeunesse, présenté au roi Guillaume Ier. Passe, s'il se fût agi de pin du Nord ou de pin Sylvestre ; mais le pin de Gascogne en Hollande ! Pourquoi pas le pin d'Italie ou le pin d'Alep ? Laissons le pin maritime aux landes et aux dunes de Gascogne et de Saintonge ; il y remplit admirablement son office. Mais ne le transportons pas au delà du 46e ou tout au plus du 47e parallèle, et rappelons-nous les désastres de l'hiver de 1879-1880. — On eût aimé à voir dans cet article quelques données sur les inondations périodiques de nos grands fleuves. L'auteur se borne à dire qu'elles sont « admirablement combattues » par le service des ponts et chaussées dans les plaines et par celui des reboisements dans les montagnes. Souhaitons qu'il en soit ainsi de plus en plus.

Dans les *volcans*, nous avons un aperçu historique et descriptif des phénomènes volcaniques les plus connus, à commencer par ceux qui détruisirent, il y quarante siècles, l'un Sodome, Gomorrhe, Adama et Séboim, l'autre la plus grande partie de l'île de Thera ou Santorin, — continuant par une mention rapide des volcans de l'Auvergne, que suit un historique détaillé et d'un puissant intérêt du Vésuve et de toutes ses éruptions. Les récentes catastrophes d'Ischia et de Java, présentes encore à toutes les mémoires, ne sont pas oubliées. Après quoi l'éminent écrivain, à qui les phénomènes telluriques paraissent aussi familiers que les mouvements sidéraux, aborde l'étude de l'origine et de la théorie des volcans. Il combat vigoureusement, à cette occasion, l'école géologique d'après laquelle, bien loin que la surface de notre globe ne soit qu'une mince croûte environnant une sphère à l'état de liquide incandescent, toute la masse au contraire serait froide et à l'état solide aussi bien que l'écorce superficielle : les éruptions volcaniques proviendraient de la fusion de quelques roches par suite de réactions chimiques souterraines mais purement locales. Or s'il en était ainsi, objecte M. Faye, les éruptions incessamment répétées de nos grands volcans auraient amené au-dessous d'eux des vides égaux au moins à leur volume extérieur, et cet amoindrissement de leur masse serait perçu nécessairement dans les opérations géodésiques.

Les *tremblements de terre* procèdent de plusieurs causes, dont l'une au moins leur est commune avec les éruptions volcaniques : la tension de la vapeur d'eau. La croûte terrestre est imprégnée d'humidité jusqu'à une très grande profondeur, et les vapeurs qui en résultent tantôt

subissent çà et là des condensations brusques, tantôt développent des tensions énormes. Elles détonent ou mugissent dans les volcans, ou produisent les secousses violentes du sol. « ou susurrent ailleurs un bruit insaisissable, sauf au microphone, dans les *microsismi*. » En sorte que, considérés dans la généralité et sans acception d'intensités, les tremblements de terre ou plutôt les phénomènes sismiques, importants ou imperceptibles, sont de partout et de tous les instants. Quant à ceux qui, moins encore par leur intensité que par les lieux où ils se produisent, revêtent le caractère de fléaux pour l'humanité, M. Faye rappelle les plus célèbres, notamment ceux de Lisbonne en 1531 et en 1755. Ayant pu parcourir lui-même, à Ischia, les théâtres de la catastrophe, il en donne la description *de visu* et arrive à cette grave constatation que les déplorables conditions de construction de toutes les maisons d'habitation ont été la cause de la très majeure partie du désastre. Il ne peut s'empêcher de croire que l'épouvantable catastrophe de Casamicciola n'aurait pas eu lieu si les maisons avaient été solidement et convenablement construites, comme l'étaient celles des villes romaines ensevelies sous les cendres du Vésuve en l'an 79.

Après avoir recherché dans l'Odyssée, dans l'Énéide, dans la Lusiade, dans la Henriade et enfin dans les Martyrs de Chateaubriand, les descriptions de *tempêtes* les plus émouvantes et les plus remarquables au point de vue poétique et littéraire, le savant météorologiste et astronome n'en a trouvé aucune qui fût scientifiquement vraie. Il lui a fallu se rabattre sur M. Victor Hugo. Dans les *Travailleurs de la mer*, le poète ondoyant et divers a donné une description de tempête, fort belle encore quoiqu'un peu longue et malgré les boursouflures et le ton emphatique dont l'auteur de *Notre-Dame de Paris* a cru devoir marquer sa nouvelle manière, mais qui a surtout le mérite d'une incontestable orthodoxie scientifique. M. Faye donne, non pas la description tout entière (elle ne dure pas moins, dans l'œuvre originale, de douze ou treize pages) mais ses traits les plus remarquables. Nous ne faisons nulle difficulté de convenir avec lui que cela est magnifique : il ajoute que la science la plus avancée ne saurait désavouer cette description, et il justifie son assertion par une rapide analyse critique. Mais si terrible que soit l'ouragan retracé par l'écrivain des *Travailleurs de la mer*, il n'est que jeu d'enfant à côté des cyclones et des ouragans de la zone intertropicale. Le président du Bureau des longitudes en décrit plusieurs et montre ensuite comment l'on est parvenu à surprendre dans les vents alizés et les grands courants équatoriaux, la loi des cyclones et des tempêtes, et comment, grâce aux stations

météorologiques et aux communications télégraphiques, on peut dans bien des cas les éviter ou s'en préserver.

Trombes sur l'Océan, *tornados* sur terre, tourbillons sur les fleuves, nous représentent, sur une échelle moindre, le même phénomène que les ouragans et les cyclones. Ce sont toujours des mouvements tournants de l'atmosphère, à la fois gyratoires et de translation. M. Faye expose ici la théorie dont il est l'auteur, théorie qui a fait son chemin, bien qu'elle ait eu contre elle, au début, le monde entier des météorologistes. Aussi fait-il finement observer que, si l'on eût alors soumis sa théorie au suffrage universel, elle eût été repoussée à l'unanimité. D'après elle, tous ces mouvements tournants prennent naissance dans les courants supérieurs de l'atmosphère et se développent en descendant, un peu à la manière d'un liquide dans un vase soumis à un rapide mouvement de rotation autour de son axe vertical. Il faut suivre, dans la Notice elle-même et avec tous ses détails, le brillant exposé du savant auteur, les descriptions navrantes des désastres causés par ces phénomènes, les moyens qu'il indique pour les fuir ou les éviter quand on les voit paraître.

Ces six articles du savant écrivain sont précédés d'un exorde et suivis d'une sorte de péroraison qui sont l'un et l'autre comme un hymne chanté à la gloire de la civilisation et des progrès de la science. Pionnier, et des plus infatigables, de ces progrès, l'auteur est animé envers eux de ce qu'on appelle le *feu sacré :* ce n'est qu'ainsi, du reste, que l'on arrive à de grands résultats. Pourtant nous ne saurions partager avec l'illustre savant l'espérance que « les progrès de la raison et les rapports multiples qui s'établissent de nos jours entre toutes les régions du globe... atténueront de plus en plus ces fléaux, *et finiront par les faire disparaître.* »

Les atténuer, bien. Les faire entièrement disparaître ?... Hélas !

Nous nous ferions un reproche de clore cet aperçu du beau travail de M. Faye, sans rendre hommage à l'élévation de pensée et de sentiment qui s'y fait sentir d'un bout à l'autre, et qui est si bien condensée dans sa phrase finale où, après avoir parlé des calamités sans nom qui pèsent sur les individus à la suite des catastrophes qu'il a décrites, il s'écrie : « Il n'y a que la religion qui puisse parler au cœur du désespéré, ignorant ou lettré : seule par ses promesses divines, elle sait calmer la douleur, inspirer la résignation et ranimer les courages. »

Dans les conjonctures actuelles, une telle déclaration, en une publication quasi officielle, témoigne de plus encore que d'un sentiment

élevé, elle témoigne de ce qui devient de jour en jour plus rare parmi nous, elle témoigne d'un caractère.

Les quelques pages qui suivent sont consacrées au compte rendu des travaux de la mission envoyée en Caroline pour l'observation de l'éclipse totale de soleil du 6 mai 1883, et aux discours prononcés sur la tombe de M. Bréguet, l'habile constructeur des appareils de précision, attaché titulaire au Bureau des longitudes et le doyen d'âge de ses membres.

Le compte rendu, rédigé par M. l'astronome Janssen, chef de la mission, avec les rapports à l'appui de ses autres membres, MM. Tacchini, Palisa, Trouvelot, fait ressortir, parmi un grand nombre d'autres, deux résultats importants. L'un est relatif à la lumière coronale : le spectroscope appliqué à ses parties les plus brillantes a donné presque en entier le spectre de Fraunhofer, preuve manifeste que la plus grande partie de cette lumière n'est pas propre à la couronne, mais provient par réflexion du globe solaire lui-même. Incidemment, l'atmosphère solaire étant d'une rareté extrême, on en conclut l'existence de corpuscules cosmiques servant de réflecteurs. Le second résultat concerne les fameuses planètes intramercurielles et serait négatif. M. Palisa a eu beau explorer, à la faveur de la totalité, la région Est des environs du soleil, M. Trouvelot le côté Ouest. Le premier n'a trouvé absolument rien. Si le second a remarqué un petit objet sidéral, il n'est rien moins que certain qu'on ait pu lui attribuer un diamètre : ce ne serait donc qu'une étoile accidentellement placée dans la direction de l'instrument.

J. D'E.

VIII

Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour l'an 1884. — Météorologie, Agriculture, Hygiène. — Paris, Gauthier-Villars.

D'importantes additions et améliorations ont été apportées, cette année, à l'Annuaire de l'Observatoire météorologique dirigé avec tant de succès par M. le Dr Marié-Davy.

Les innovations portent principalement sur les *Notices*, lesquelles commencent à la suite du *Résumé météorologique* dû à M. Descroix. Ce

résumé, qui consiste essentiellement dans une série de tableaux donnant, mois par mois, les moyennes des observations faites pendant les dix dernières années, paraît définitivement classé, par la direction de l'Annuaire, dans ce que l'on pourrait appeler sa partie *fixe :* non pas que les documents qui y sont contenus soient invariables, mais ils reposent sur des bases et se répartissent entre des cadres qui, eux, sont à peu près toujours les mêmes.

En sorte que, pour tout ce qui compose cette première partie : calendrier, données astronomiques usuelles ; actinométrie et tables psychrométriques ; tableaux numériques de production agricole ; observations anciennes du thermomètre, du baromètre, du pluviomètre et de l'aiguille aimantée ; enfin résumé météorologique, — nous renverrons à nos comptes rendus des années précédentes.

Les *Notices*, qui composent les deux tiers du volume, sont au nombre de quatre.

I. — La première, intitulée *Magnétisme terrestre* (*Première note*), est une innovation, ou plutôt une rénovation. Jusqu'en 1879, l'Annuaire avait publié le résultat des observations magnétiques faites à Montsouris. A partir de 1880, cette publication avait été interrompue : des travaux de restauration du bâtiment à ce affecté, ainsi que des installations nouvelles, avaient jeté pour un temps quelque incertitude sur les résultats obtenus. On avait donc cru plus sage de suspendre la publication. Elle est reprise, après quatre ans d'interruption, dans l'Annuaire de 1884 qui donne, après les corrections nécessaires, le résumé des observations de ces quatre années, savoir : pour la déclinaison occidentale, la moyenne, le maximum et le minimum de chaque mois avec l'amplitude déduite de courbes obtenues automatiquement ; pour l'inclinaison, la moyenne également mois par mois ; les heures tropiques du déclinomètre ; celles de la face horizontale magnétique et de la marche de l'aiguille aimantée de déclinaison (moyennes mensuelles avec maximum et minimum) : toutes observations dont se dégage déjà un assez grand nombre de faits intéressants.

II. — La deuxième notice correspond à celle qui, dans les Annuaires précédents, portait le titre de *Météorologie agricole* et avait pour auteur le directeur même de l'Observatoire, le savant docteur Marié-Davy. Cette fois-ci, le sujet ayant reçu des développements importants, le titre s'est amplifié ; il est devenu : *Météorologie appliquée à l'hygiène et à l'Agriculture ;* et, dans les recherches et expériences

qui ont procuré les matériaux de la notice, l'habile directeur s'est associé son fils M. Ferdinand Marié-Davy, aide-météorologiste à l'Observatoire. Cette notice comprend trois grandes divisions, la troisième donnant lieu elle-même à d'importantes subdivisions. La division Ire est affectée principalement à la description des *Instruments* employés à Montsouris pour les déterminations de la pression atmosphérique (baromètres), des températures (thermomètres), du degré d'éclairement de l'atmosphère et du sol (actinomètre), de l'humidité et de ses fluctuations (hygromètres, évaporomètres et atmographe), de la direction et de la vitesse des vents (anémographe). Nouvelle quant à la rédaction et au mode des exposés, cette division Ire l'est moins quant aux figures représentant les instruments décrits : elles avaient déjà paru dans les annuaires précédents. — Ce qui est très nouveau, c'est la division II, avec ses huit cartes coloriées de Paris divisé en 80 quartiers. Elle a pour titre : *Application de la climatologie à l'hygiène*. De ces huit cartes, la première, purement hypsométrique, se borne à indiquer les reliefs et les dépressions du sol de l'immense cité. Les autres font connaître, au moyen de cinq teintes différentes, non compris la teinte 0 ou blanche, le degré de mortalité des divers quartiers sous l'action de telle et telle maladie pendant l'année 1882 et, en octobre 1865, sous l'influence du choléra asiatique. Celle qui accuse le plus de ravages est l'*athrepsie* (de τρέφω, nourrir) des enfants, qui a sévi surtout dans les quartiers de l'est et du sud, pendant l'été. L'action des maladies aiguës de poitrine pendant l'hiver a été plus générale, mais beaucoup moins intense. La diphtérie en hiver ; au printemps, la variole, la rougeole et la scarlatine, se sont fait-sentir surtout dans la partie de la rive gauche où se trouvent des hôpitaux d'enfants. La fièvre typhoïde a exercé ses ravages principalement pendant l'automne, et en partie dans les quartiers situés au nord des anciens boulevards extérieurs, en partie dans les quartiers du Gros-Caillou, de l'École militaire et de Mazas. Chose digne de remarque, cette action de la fièvre typhoïde en automne 1882 n'est pas sans quelque analogie avec celle du choléra en octobre 1865. Mais ce qui ressort également de la comparaison de ces sept cartes de mortalité entre elles et avec la carte hypsométrique, c'est que le relief du sol de la capitale paraît sans influence aucune sur la marche et les fluctuations de son état sanitaire. On trouve aussi, dans cette partie de la deuxième notice, des diagrammes de la mortalité hebdomadaire aux quatre saisons par suite de ces diverses maladies, à comparer avec un autre diagramme donnant les moyennes hebdomadaires des températures maxima et minima aux mêmes époques. — Cette application

statistique de la climatologique à l'hygiène publique de Paris, est un premier pas dans une voie qui pourra devenir féconde par la suite.

La troisième partie de notre Notice, sous ce titre *Application de la climatologie à l'agriculture*, correspond exactement à la *Météorologie agricole* des années précédentes. Après y avoir rappelé pour mémoire les données fournies antérieurement sur le triple rôle de la chaleur, de la lumière et de l'humidité dans la végétation, la Notice passe aux applications de la climatologie aux cultures spéciales des froments, de la vigne, de la betterave, consacrant une subdivision à chacun de ces ordres de végétaux. C'est le même travail que dans l'Annuaire de l'année précédente, mais accru et enrichi de toutes les observations nouvelles faites depuis sa publication. Signalons, entre autres accroissements, l'observation de la végétation de la vigne, non plus seulement en trois phases : feuillaison, floraison et maturité ; mais bien en quatre, la première de celles-ci étant précédée de la phase du mouvement des bourres. L'observation s'est même étendue à des périodes de vingt jours chacune, l''une précédant le départ des bourres, la seconde au milieu de laquelle tombe la floraison, la troisième précédant la maturité du fruit.

Les *Cultures à l'eau d'égout de Gennevilliers* forment la dernière subdivision de la troisième partie de la Notice sur la météorologie appliquée à l'hygiène et à l'agriculture. Les importantes expériences sur l'utilisation de l'immense volume d'eaux d'égout vomi chaque jour par cette apoplectique agglomération humaine qu'on appelle Paris, ces expériences se poursuivent avec une persévérance digne de tous éloges. De nouvelles et intéressantes constatations ont pu être réalisées. On a reconnu que l'on ne peut utilement faire plus de deux irrigations par semaine à 1000 ^{mc} d'eau par hectare chacune. Autrement les eaux de drainage, c'est-à-dire, les eaux reçues dans les collecteurs après avoir filtré dans les terrains irrigués, ne sortent plus limpides et pures, mais louches d'abord et bientôt troubles. En tout cas, elles renferment toujours une forte proportion de nitrates, de même au surplus, à la quantité près, que les résidus d'eaux pluviales qui ont pénétré dans les nappes souterraines après avoir traversé des terres non irriguées. — Trop riche pour les céréales qu'il fait verser, l'engrais déposé par les eaux d'égout leur donne du moins des teneurs spéciales qu'il est important de constater par l'analyse, ce qui a pu avoir lieu pour la première fois en 1883, par les soins de M. Marié-Davy fils sous les yeux de son père. Les résultats de ces analyses sont fournis dans une série de tableaux qu'il ne serait pas

possible de résumer ici. Quant aux plantes fourragères, elles varient à l'infini dans leurs exigences suivant la nature et le tempérament de chacune d'elles. Elles ont également fait l'objet d'analyses minutieuses résumées de même dans de nombreux tableaux.

III. — Dans l'*Analyse de l'air, des eaux météoriques, des eaux d'égout et des eaux courantes*, par M. Albert Lévy, physicien titulaire, chef du service chimique, les recherches sur l'azote ammoniacal et l'azote nitrique, comme aussi sur l'azote organique et sur l'oxygène en dissolution contenus dans les eaux de pluie, dans celles d'égout, de drainage et dans les eaux courantes, ont été poussées avec le même soin et la même activité que précédemment. L'analyse de l'oxygène dissous dans les eaux a été l'objet d'une attention particulière. L'analyse de l'air suit celle des diverses eaux ; l'ozone, l'azote ammoniacal et l'azote organique, l'acide carbonique y sont notamment analysés et dosés. Ces divers résultats font ensuite l'objet de comparaisons avec les résultats analogues obtenus par des travaux de même nature en d'autres pays. Toutes les données si laborieusement et persévéramment recueillies, tous les tableaux publiés pour les résumer constituent lentement, année par année, le précieux dossier dans lequel, plus heureux que nous, nos successeurs et nos héritiers pourront lire une foule de lois de la nature à peine encore soupçonnées de nos jours.

IV. — M. le Dr Miquel a continué et agrandi le plan de ses études précédentes, et nous donne cette année le résultat de ses recherches sur les *Moisissures et bactéries atmosphériques*. Cette notice comprend cinq parties. La première est relative aux « Semences aériennes des moisissures », la seconde aux « Semences aériennes des bactéries », la troisième est affectée aux « Microbes des hautes régions atmosphériques ». Dans la quatrième le patient observateur étudie, heure par heure, la proportion plus ou moins forte des microbes dans l'atmosphère, sous ce titre : « Des variations horaires des bactéries aériennes. » Enfin, dans le § 5, il s'occupe spécialement des « Antiseptiques » au point de vue des bactéries.

Dans la première partie ou § 1er, l'auteur, après avoir décrit les appareils employés à la récolte des poussières atmosphériques, donne, décade par décade, de juin 1878 à décembre 1882, le nombre des spores recueillis par litre d'air, puis les moyennes mensuelles et annuelles avec celles des températures en regard, puis des diagrammes offrant, par des courbes, le tableau graphique des récoltes faites heure par heure (quelle patience héroïque !) des germes de moisissures

récoltés à l'aide des plus ingénieux appareils. Un travail analogue est exposé, dans le paragraphe suivant, sur les germes aériens non plus des moisissures mais des bactéries : des tableaux écrits et des diagrammes graphiques donnent les résultats des patientes recherches de M. Miquel et de ses infatigables collaborateurs. Le § 3e a pour but de faire connaître les résultats des études faites à diverses altitudes dans les hautes régions de l'atmosphère. Il en résulte que celle-ci est d'autant plus pure de microbes et bactéries, qu'on s'élève à de plus grandes hauteurs. — La recherche des variations horaires de la proportion des bactéries aériennes est un travail minutieux et délicat dont les résultats, fort intéressants dejà, sont insuffisants encore à permettre d'en tirer des conclusions pratiques. Mais des progrès ultérieurs perfectionneront l'œuvre aujourd'hui à peine commencée.

En résumé, M. Miquel recherche la part que les éléments atmosphériques peuvent avoir sur l'hygiène et la santé publique, tandis que M. Albert Lévy s'est posé un objectif analogue, mais considéré dans les eaux de diverses provenances.

Ce sont là de fécondes et pratiques études, d'autant plus méritoires de la part de leurs auteurs qu'elles exigent des années et des années de labeurs arides, d'investigations minutieuses et patientes qui rebuteraient tant d'autres hommes, même laborieux et amis du progrès. Mais ces données, en s'accumulant pendant un grand nombre d'années, finiront par constituer le plus vaste ensemble de documents météorologiques et micrométriques qu'aient jamais possédé les archives de la science.

J. D'E.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ZOOLOGIE.

—

L'Exposition du Travailleur et du Talisman (1). — A plusieurs reprises déjà, nous avons parlé ici du *Travailleur* qui, depuis 1880, a successivement exploré le golfe de Gascogne, les côtes de Provence, de Corse, d'Algérie et du Maroc, et enfin l'Atlantique jusqu'aux Canaries et qui, l'année dernière, a été remplacé par le *Talisman*, pouvant marcher à hélice ou à voiles, et muni d'installations spéciales plus soignées. Celui-ci a dragué le long du Sénégal, aux environs des îles du cap Vert, des Canaries et des Açores, et enfin dans la célèbre mer des Sargasses, dont la réputation a été considérablement surfaite, car nulle part les algues n'y constituent des prairies infranchissables, contrairement à ce que racontaient les anciens navigateurs.

Au commencement de cette année, les découvertes des différentes expéditions, exposées dans une salle du Muséum, ont été visitées chaque jour par une affluence de naturalistes et d'amateurs. Au lieu de nous arrêter devant chaque bocal à faire de la zoologie descriptive, nous en profiterons pour déduire quelques lois générales concernant la faune des grandes profondeurs.

On se plaisait à dire qu'elles étaient inhabitées, ou que du moins les rares êtres qui s'y trouvaient étaient ternes et hideux. Cette triple erreur est actuellement renversée. Ainsi que quelques chiffres vont le faire voir, la vie y est au contraire très abondamment répandue, et comme espèces, et comme individus. Les Spongiaires seuls occupent 600 bocaux, et pour les Crustacés, il n'en a pas fallu moins de 1800 ;

(1) *Revue scientifique*, n° 8, 1884.

à certaines places, le même coup de filet ramenait jusqu'à 50 individus de la même espèce d'Holothurie ; un seul dragage a parfois fourni 150 espèces de Foraminifères, dont il y a parfois 120 000 individus dans un centimètre cube de la vase de certains fonds.

Au moins jusqu'en 1883, on croyait encore que les poissons étaient extrêmement rares dans les grandes profondeurs ; mais pendant l'expédition du *Talisman*, on a fait usage du chalut, et eux aussi ont été ramenés en grand nombre.

Et, à part quelques poissons noirs ou gris, quelle élégance de formes et de couleurs !

Jusqu'à 5000 mètres de profondeur, il y a de superbes Anémones de mer rouges, orangées et violettes, des Pennatules, la splendide Brisinga aux reflets orangés ; des Holothuries d'un violet intense ; énormément de crevettes d'un rouge orangé, etc.

Il y a surtout une éponge en forme de coupe, supportée par un squelette siliceux aux filaments d'une blancheur éclatante ; un autre Spongiaire, blanc comme neige et extrêmement délicat, ressemble singulièrement à un gâteau d'abeilles qui serait en cristal de roche.

Mais l'exposition nous conduit en outre à des constatations plus importantes. Désormais des changements nombreux devront être apportés à la distribution géographique des animaux : telles espèces que l'on croyait confinées dans les mers arctiques et antarctiques se trouvent également dans les mers chaudes, mais seulement aux grandes profondeurs, ce qui n'est d'ailleurs que très naturel.

Il s'est de nouveau vérifié que le fond des mers est actuellement habité par des espèces qui se retrouvent à l'état fossile, surtout dans les terrains pliocènes, quelques-unes même dans les secondaires. Le fait est surtout frappant pour un groupe de Crustacés voisin des Langoustes ; à les voir, on croirait se trouver devant ceux qui vivaient à Solenhofen et dont les empreintes sont conservées dans les calcaires lithographiques de cette localité (Jurassique supérieur) ; seulement les exemplaires fossiles possèdent des yeux, tandis que les individus contemporains sont aveugles.

Plusieurs Brachiopodes, molluscoïdes qui pullulaient aux âges antérieurs, mais qui sont aujourd'hui presque éteints, ont été ramenés, notamment des Terebratulina, Waldheimia et Rhynchonella, qui n'étaient connues que dans le pliocène de Sicile.

Nous parlions plus haut d'un groupe chez lequel les yeux sont atrophiés. C'est là une loi presque générale, qui nous montre sur le

vif l'influence de la fonction sur l'organe. Crevettes, écrevisses, poissons, mollusques eux-mêmes sont fréquemment aveugles ; les yeux sont complètement disparus, ou bien transformés en piquants. Chose étonnante, quand les yeux existent, l'animal porte fréquemment sur les flancs ou immédiatement sous les yeux des plaques phosphorescentes, qui viennent compenser l'absence des rayons solaires. (Poissons et crevettes).

Enfin, dans l'exposition, certains bocaux attirent l'attention par la rareté ou la bizarrerie de leur contenu. Nous avons décrit autrefois l'Eurypharynx pelicanoïdes (1) ; le même parage a fourni le Melanocetus Johnsoni, dont on ne connaissait jusqu'ici qu'un seul exemplaire. C'est un poisson du groupe des Baudroies, dont la bouche est tellement disproportionnée qu'il peut engloutir trois fois son poids d'aliment ; pour capturer sa proie, il s'enfonce dans la vase, et laisse flotter comme un ver un long appendice qu'il porte sur la tête, ce qui attire poissons et crustacés.

Une telle voracité se retrouve aussi chez un Crustacé des grandes profondeurs ; malheureusement son corps est peu volumineux, mais par compensation son tube digestif se répand jusque dans les pattes.

Les Bernard-l'hermite des grandes profondeurs sont souvent obligés de se loger à l'étroit dans n'importe quelles coquilles abandonnées ; il y en a aussi une espèce qui a l'habitude de s'entourer d'une colonie vivante d'Antipathes qu'elle traîne constamment avec elle.

Les animaux de la mer des Sargasses présentent un remarquable exemple de mimétisme, en ce sens que tous sont bariolés de jaune, de brun et de vert, les trois teintes revêtues par ces végétaux.

Les reptiles primaires (2). Il ne faut pas se hâter de croire que la nature organisée contient de nombreuses lacunes. Ainsi, pour ne parler que des vrais reptiles, pendant longtemps on n'en signalait aucun appartenant à la période primaire, tandis qu'actuellement la France seule a fourni cinq genres, tous extraits du terrain permien des environs d'Autun. Ces reptiles, les premiers en âge, étaient loin d'atteindre l'organisation élevée des représentants actuels de leur classe ; au contraire, par leur squelette ils se rapprochent des Batraciens, mais à des degrés différents. Aussi l'étude comparative

(1) *Revue des questions scientifiques*, juillet 1883.
(2) *Archives de zoologie expérimentale et générale*, n° 1, 1883.

des genres exhumés confirme encore M. Albert Gaudry dans sa croyance à un développement progressif du règne animal.

Dans les terrains exploités pour leur pétrole, on a trouvé de petits reptiles présentant l'aspect de jeunes salamandres, le Protriton petrolei. La conformation du crâne de ce genre rappelle en tous points celui des Batraciens, notamment par les orbites, dont la grande dimension est causée par les os postérieurs aux orbites, qui ne se développent guère. La dispersion géographique de ces animaux était très grande dans la mer Cambrienne, puisqu'on a extrait beaucoup de petits reptiles analogues des schistes bitumineux de Saxe et de Bohême.

Mais il se présente une grave objection. A côté de ces petits fossiles, aussi bien en Bohême et en Saxe qu'à Autun, se trouvent les restes des fameux Labyrinthodons, Batraciens connus depuis longtemps déjà. Les petits individus à facies de salamandre seraient-ils réellement des espèces autonomes, ou bien ne sont-ils pas simplement les jeunes des Labyrinthodontes ? La question est très difficile à résoudre, et M. Gaudry fait soigneusement ses réserves, bien qu'il préfère attribuer à la différence de taille une valeur spécifique.

L'Archegosaurus, provenant du permien de la Prusse rhénane, possédait de nombreuses dents pointues indiquant un régime carnassier, et ses deux paires de membres sensiblement égales l'adaptaient à la natation. Chacune de ses vertèbres comprenait, encore à l'état de séparation, les pièces constitutives actuellement fusionnées en un seul os, les arcs supérieurs et le corps de la vertèbre formé lui-même d'une pièce inférieure et de deux ailes latérales.

L'Actinodon s'éloigne déjà du type batracien, car les os postérieurs des orbites s'élèvent pour former un toit continu, comme chez les reptiles. Les os des membres sont lisses comme ceux des poissons, ce qui indiquerait qu'ils ne se livraient qu'à des mouvements généraux tels que ceux de la natation. L'Actinodon était carnassier, car ses coprolithes, trouvés en grand nombre à Autun, contiennent de nombreuses écailles de poissons ; la forme de ces coprolithes ne se conçoit qu'avec l'existence d'une valvule spirale dans l'intestin, telle qu'en portent aujourd'hui les Squales.

L'Euchirosaurus attire l'attention par ses bizarres vertèbres, dont l'apophyse épineuse, au lieu d'être étroite, subit une dilatation transversale considérable. Au dire de M. Gaudry, une telle conformation ne se rencontre chez aucun autre vertébré, fossile ou vivant.

Ici non plus le corps de la vertèbre n'est pas soudé aux arcs qui

circonscrivent le trou de la moelle épinière, et il est constitué par trois pièces libres entre elles, que la fossilisation a trouvé séparées, si bien qu'à première vue, ces petits osselets découverts côte à côte constituent autant d'énigmes pour le paléontologiste.

« Je n'oublierai jamais, dit M. Gaudry, la singulière impression que je ressentis la première fois que je dégageai du schiste, où elles étaient cachées, ces pièces qui nous font saisir sur le fait la manière dont la vertèbre s'est constituée. » La partie centrale devait encore être cartilagineuse, mais c'est la seule chose qui nous sépare des vertèbres parfaitement ossifiées de la période secondaire.

Que ces pièces s'incrustent d'un peu de carbonate et de phosphate de chaux, et voilà un grand pas fait dans l'évolution du type vertébré.

Pour que cette étape soit franchie, il ne faut pas même attendre l'époque secondaire, puisque les vertèbres sont ossifiées dans le dernier des cinq genres trouvés à Autun, le Stereorachis ; c'est même ce qui lui a valu son nom. Ses fortes dents, solidement enchâssées dans des alvéoles, en faisaient une bête redoutable ; mais, au point de vue de l'organisation, la forme biconcave du corps vertébral lui constitue encore un caractère d'infériorité. Ici comme ailleurs la nature suit donc sa marche lentement progressive.

A la fin de son travail sur ces reptiles primaires, M. Gaudry présente d'importantes observations au sujet des théories évolutionnistes ; le savant paléontologiste du Muséum trouve que, dès son début, la classe des reptiles s'éloigne notablement de l'archétype idéal dont ils devaient dériver, et que les membres les plus inférieurs de la classe ne peuvent pas servir de transition vers les poissons. En résumé, si l'on observe des passages d'espèces à espèces, de genres à genres et même de familles à familles, « il faut avouer que l'état actuel de nos connaissances ne nous montre pas des passages de classe à classe dans le même embranchement. »

La locomotion des mouches (1). Comment les mouches et en général les insectes peuvent-ils courir sur le verre et sur les corps polis, sans glisser et tomber? Longtemps on croyait que l'adhérence était due aux nombreux petits poils qui garnissent les pattes et qui, disait-on, pénétraient dans les pores du verre. Aujourd'hui cette explication ne compte plus de partisans. Ensuite on a dit que les pattes étaient

(1) *La Nature*, 15 déc. 1883.

terminées par des ventouses qui s'attachaient au verre par une espèce de succion. Malheureusement cette hypothèse, séduisante sans doute, implique l'intervention de la pression atmosphérique pour appuyer fortement ces ventouses ; or, même dans le vide le plus approximatif, les mouches courent encore parfaitement.

Est-ce peut-être une substance visqueuse qui s'écoule de chaque poil ? C'est également inadmissible, car il arriverait nécessairement, et même rapidement, que la mouche ne pourrait plus se décoller.

Il a donc fallu s'adresser à autre chose. Or il y a à la face inférieure des pattes de nombreux poils sécrétant un liquide particulier, non visqueux, mais très fluide. Au microscope on peut même voir que la mouche, au moindre effort, en fait usage. C'est donc bien celui-ci qui cause l'adhérence, mais de quelle façon ? D'après le Dr Rombouts, ce serait par une action capillaire s'exerçant entre ce liquide et les poils. Des expériences sur l'intensité d'une telle action lui ont fourni des résultats satisfaisants. Ainsi une gouttelette d'huile, bien petite puisqu'elle n'avait que le diamètre d'un cheveu, déposée sur une lame de verre, a permis de suspendre à celle-ci un cheveu pesant 0,00045 gramme, ou des crins pesant 0,00085 et même 0,00132 gramme. D'autre part, on calcule que chaque patte possède 10 000 poils semblables, dont les actions accumulées permettraient de soutenir un poids de $4^{gr},5$, ce qui est plus que suffisant, attendu qu'une mouche pèse en moyenne $0^{gr},045$. Il ne faut donc pas s'étonner si la mouche court encore parfaitement sur le verre alors même qu'on augmente son poids en lui collant sur les ailes de petits fragments de papier.

S'il en est ainsi, la mouche, quand elle se trouvera sur une surface poussiéreuse, devra se livrer à des efforts notables. Le liquide des poils, encore qu'il ne soit pas visqueux, retiendra certainement à la surface des pattes de petites poussières qui seront de nature à embarrasser leur jeu. De là ce mouvement si fréquent chez les mouches : elles frottent d'abord les pattes l'une contre l'autre, puis les passent sur les ailes. C'était pour nettoyer leurs ailes, croyait-on auparavant. Nullement ; c'est même plutôt le contraire qui arrive, car les poils raides qui recouvrent les ailes brossent les pattes, et la poussière disparaît de celles-ci.

Le pelage du Mammouth et du Rhinocéros à narines cloisonnées (1). Le musée de Saint-Pétersbourg possède deux grandes raretés

(1) *La Nature*, 29 déc. 1883.

paléontologiques : un squelette de mammouth avec sa chair et sa peau, trouvé au siècle dernier, et un mammouth conservé dans d'aussi bonnes conditions et découvert en 1800. Il paraîtrait malheureusement que les préoccupations politiques détournent tellement l'attention et les soins des Russes, qu'au dire de M. Briart, le squelette du mammouth tomberait en ruines.

En tout cas, tout son intérêt ne serait pas perdu. On vient d'envoyer à M. Gaudry un morceau de la peau du mammouth ; elle est recouverte d'une laine brune très épaisse et bien adhérente, et il en sort des crins qui mesurent jusqu'à $0^{m}40$. Le savant paléontologiste a reçu également une pièce plus rare encore : la peau d'un Rhinocéros tichorhinus, le fidèle compagnon du mammouth ; elle portait également une laine épaisse.

La présence de ces fourrures, qui contrastent vivement avec la peau nue de l'éléphant et du rhinocéros actuels, ne doit pas nous étonner, car on s'accorde généralement pour admettre une grande extension des glaciers pendant l'époque quaternaire.

La peau des Céphalopodes (1). Les mollusques céphalopodes possèdent généralement un moyen de défense analogue à celui du caméléon : ils peuvent, quand ils le veulent, transformer la coloration de leur peau : la couleur du fond sur lequel ils nagent et la nature de leurs émotions sont les deux causes prochaines qui déterminent ces singuliers changements; les teintes principales par lesquelles ils passent sont le jaune, le brun, le noir, le violet et le carmin.

Ces phénomènes se passent dans une assise spéciale que ces mollusques possèdent dans la peau, la couche à chromatophores. On y trouve de grandes cellules à contours mobiles, avec protoplasme, noyau et membrane, à l'intérieur desquelles circule un pigment liquide qui ressemble beaucoup à la substance de la poche du noir.

Chacune de ces cellules peut se mouvoir à l'intérieur d'un espace qui l'entoure, dans lequel elle est suspendue par un faisceau de fibres rayonnantes ; celles-ci ont d'abord été considérées comme musculaires ou nerveuses, ce qui donnait immédiatement une explication facile du phénomène ; mais M. Girod établit que ce sont simplement des fibres conjonctives qui, avant d'arriver sur la paroi des chromatophores, sont remplacées par des cellules qui constituent à chacun d'eux une enveloppe continue. Les expansions des chromatophores résultent de

(1) *Archives de zoologie expérimentale et générale*, nº 2, 1883.

l'extrême mobilité spontanée de leur contenu, et les contractions sont dues à l'élasticité des cellules d'enveloppe. Or ces deux mouvements opposés suffisent pour expliquer les changements de teintes, car ils obligent la matière pigmentaire à se distribuer différemment.

La peau des Céphalopodes possède de beaux reflets chatoyants et argentés. Pour les produire, il y a dans le derme une nouvelle couche spéciale, la couche argentine ou la couche à paillettes. Elle consiste simplement en un certain nombre d'îlots placés sous les chromatophores, et constitués par des cellules transformées en bâtonnets rayonnants et c'est sur ceux-ci que la lumière se réfléchit d'une façon particulière.

Le développement des Brachiopodes (1). Les personnes les moins versées en géologie savent toute l'importance que présentent pour la classification des terrains les plus anciens les coquilles de Spirifer, d'Orthis, de Productus, en un mot des Brachiopodes. Actuellement ils sont très rares.

En zoologie, se basant uniquement sur l'examen extérieur, on les a pendant longtemps rangés parmi les mollusques lamellibranches. En effet, comme chez ceux-ci, la coquille est bivalve ; mais on peut presque dire que c'est là la seule ressemblance, et encore elle n'est que superficielle, puisque les valves des Lamellibranches sont latérales par rapport au mollusque qu'elles abritent, tandis que chez un Brachiopode l'une est dorsale et l'autre ventrale. Aussi ne sont-ils plus que tolérés chez les mollusques, sous le nom de Molluscoïdes, avec les Bryozoaires et les Ascidies.

Après les avoir ainsi distraits de cet embranchement, on se demande quelle place précise on devra leur assigner. M. Huxley estime qu'ils sont très voisins des Bryozoaires, mais cela n'est exact que pour une seule tribu de ceux-ci.

A la suite de ses études sur le développement des Brachiopodes, M. Kowalevsky pense plutôt qu'ils doivent se ranger auprès des Annélides, notamment des Chétopodes, les plus élevés de l'embranchement des Vers (Lombric, Tubifex, Spirule, Néreis, Eunice).

En effet, les larves n'ont rien de commun avec celles des mollusques ni des Bryozoaires, pas plus qu'avec celles des Échinodermes, mais elles ressemblent par chaque trait et vivement à celles des Chétopodes. Partout il y a trois segments portant des faisceaux de soies disposés

(1) *Archives de zoologie expérimentale et générale*, n° 1, 1883.

identiquement. Le tube digestif, la musculature, les organes génitaux, les oviductes analogues aux « organes segmentaires » des Vers, qui servent chez ceux-ci à éliminer les œufs, et les branchies qui naissent sur la face dorsale, tout en un mot se ressemble à l'intérieur d'un embranchement.

A la vérité, la coquille des Brachiopodes adultes fournit une objection contre ce rapprochement, mais certains Chétopodes, tels que Tubifex et toute la tribu des Tubicoles, n'habitent-ils pas des tubes, parfois calcaires? Et, à la rigueur, on peut assimiler ceux-ci à la coquille des Brachiopodes.

Les laboratoires de Zoologie (1). Depuis longtemps déjà, toute université bien outillée possède un laboratoire de zoologie et d'anatomie comparée; ceux de Würzbourg et de Vienne sont devenus célèbres par les travaux qui s'y sont exécutés. Actuellement on accorde une importance de plus en plus grande à l'étude des organismes marins; aussi chaque année, pour ainsi dire, on voit établir au bord de la mer une nouvelle station zoologique. Parmi les laboratoires maritimes, la palme revient à celui de Naples, dirigé par le Dr Dohrn; le gouvernement autrichien en a établi un à Trieste; en Amérique, le professeur Agassiz est à la tête de celui de Newport: pendant la dernière session de l'Association britannique, M. Ray Lankester en réclamait un pour l'Angleterre. La France possède huit stations, entre autres celles de Concarneau, de Villefranche et de Roscoff. Celle-ci, fondée et dirigée par M. de Lacaze-Duthiers, voit affluer chaque année des zoologues de toutes les nations. Elle nous servira à donner ici quelques détails sur l'organisation de ce genre d'établissements.

La station de Roscoff est installée dans un port insignifiant du Finistère. Elle comprend trois maisons dont les pièces sont transformées en aquariums, en salles de collections et de dissection, sans compter un certain nombre de chambres qui sont mises généreusement à la disposition des travailleurs, étrangers et nationaux. Les naturalistes déjà expérimentés, qui viennent s'y livrer à des recherches spéciales, peuvent le faire dans des salles particulières et, comme on leur fournit les animaux qu'ils désirent, ils n'ont pas besoin de se déranger; tandis que les jeunes étudiants travaillent en commun et vont chercher eux-mêmes les matériaux de leurs dissections. Ces recherches se font principalement à marée basse, sous la direction

(1) *Revue scientifique*, 6 oct. 1883.

d'une personnel qui connaît les ruses employées par les animaux pour se dérober à la vue. Tous les endroits hantés par des types rares ou intéressants sont soigneusement consignés sur des cartes spéciales. Aux mortes eaux, la pêche ne chôme pas, mais elle s'effectue au moyen de deux embarcations pourvues d'engins appropriés, le *Dentale* et le *Laura*. Quel que soit le mode de pêche, la riche faune de Roscoff fournit chaque fois une abondante récolte. Au retour, celle-ci est triée et la dissection commence. On peut se rendre à Roscoff sans emporter de scalpels ni de microscopes ; tout se trouve à l'établissement, sans oublier même l'utile direction des maîtres de conférences.

Quand la pêche quotidienne est absolument impossible, on dispose de la réserve d'animaux contenue dans un vivier de 38 mètres de largeur. Il y avait déjà plusieurs petits aquariums, mais en 1883 on en a commencé un nouveau, qui mesure 30 mètres de long sur 10 de large; les premiers sont alimentés par deux réservoirs de 7000 et 8000 litres remplis à marée haute: grâce à un système particulier de siphons, chaque aquarium présente les alternatives de haute et de basse marée, si bien que les animaux marins s'y conservent comme dans leur milieu habituel, donc dans d'excellentes conditions pour l'étude.

Le laboratoire de Villefranche-sur-Mer, dans le voisinage de Nice, est également remarquable par la richesse et l'originalité de sa faune. Il est placé sous la direction de M. Barrois. C'est en quelque sorte le complément obligé de la station de Roscoff; car celle-ci n'est guères en activité que pendant les beaux mois de l'année, tandis que Villefranche, située sur la Méditerranée, est abordable également pendant l'hiver.

Nos voisins, les Hollandais, possèdent un établissement analogue (1), d'un caractère original, parfaitement approprié d'ailleurs aux circonstances : c'est une station zoologique *volante*. La faune du littoral étant pauvre, il importe, sous peine de disette, que les naturalistes se déplacent; aussi les bâtiments sont-ils tout en bois; en moins de trois jours, ils peuvent être démontés et remontés. Malgré sa simplicité, l'établissement est complet et comprend des tables de dissection, des instruments, des réactifs, etc., et même une bibliothèque. La première année, la station était à Helder; ensuite elle s'est transportée à Flessingue et à Berg-op-Zoom. Les naturalistes hollandais ne s'y occupent pas seulement de biologie pure; mais, avec le sens pratique

(1) *La Nature*, 8 sept. 1883.

qui distingue leur nation, ils ont fait de la zoologie industrielle; ils ont repris soigneusement l'étude de l'huître, surtout au point de vue de ses ennemis, de ses parasites et de ses maladies. A la suite de ces études, deux centres ostréologiques de l'Escaut oriental ont exporté en 1881 deux millions d'huîtres.

En Belgique aussi, nous sommes peut-être à la veille de posséder un laboratoire de zoologie maritime. Déjà depuis une trentaine d'années, M. P. J. Van Beneden possède à Ostende un laboratoire particulier, où il a mené à bonne fin beaucoup de ses belles recherches ; là aussi sont venus travailler MM. Ehrenberg, Joannes Müller, Max Schultze, Greeff, de Lacaze-Duthiers, etc.

Dans une des dernières séances de l'Académie de Belgique (3 novembre 1883), M. Éd. Van Beneden, professeur à l'Université de Liège, a présenté un rapport sur les recherches entreprises à Ostende pendant l'été de 1883 par onze naturalistes. L'État avait mis à leur disposition trois salles faisant partie de l'un de ses bâtiments, ainsi que le navire *la Belgique*, affecté habituellement au service hydrographique. Les dragages effectués par celui-ci ont heureusement ramené, contrairement à ce qu'on attendait, des représentants de beaucoup de types zoologiques : Spongiaires, Hydroïdes et Anémones, Tuniciers et Bryozoaires, Annélides, Turbellariés, Mollusques, Crustacés et Poissons. Notre littoral réaliserait donc la condition la plus indispensable pour la fondation d'une station zoologique.

A. Buisseret.

SCIENCES INDUSTRIELLES.

Eaux de sources et eaux courantes, au point de vue de l'hygiène publique. — La proportion d'eau de pluie qui pénètre dans la terre, et que les sources débitent, dépend de la perméabilité du terrain. D'après les observations faites, elle peut s'évaluer en moyenne au quart ou au cinquième. Si donc la hauteur annuelle d'eau pluviale est dans une localité de $0^{m}70$ (c'est à peu près le cas pour toute la partie moyenne de la Belgique), le débit des sources y sera par hectare et par jour de 3^{mc} 835 à 4^{mc} 794. Mais on a expérimenté, que, dans

les années sèches et en été, ce débit peut descendre jusqu'à 1^{mc}, en supposant toujours que le terrain ait une perméabilité moyenne.

On accorde généralement aux eaux de sources les qualités suivantes : 1° d'avoir une température moyenne, et peu variable suivant les saisons ; 2° de contenir des sels terreux qui leur donnent une saveur agréable et qui contribuent à la rénovation de nos organes ; 3° d'être exemptes de matières organiques.

Mais il y a des restrictions à faire au sujet de ces qualités.

1° Il est reconnu que l'eau de source, dans les conduites qui la distribuent aux maisons, acquiert généralement une température se rapprochant de celle de l'atmosphère.

2° La présence d'une certaine proportion de sels terreux, notamment de carbonate calcique, peut tout au plus être utile pendant la période de croissance. En tout cas, après cette période, la chaux n'est nullement nécessaire dans une eau potable, les aliments renfermant en quantité plus que suffisante les sels nécessaires à notre ossification et à la reproduction de nos organes. Au contraire, une trop grande proportion de sels minéraux rend les eaux indigestes ; et l'eau la plus pure doit être considérée comme la meilleure. On sait d'autre part qu'au point de vue économique les eaux calcaires sont mauvaises, parce qu'elles se prêtent mal à la cuisson des aliments et absorbent l'arome du thé et du café.

3° Le séjour à la surface et l'inhumation de l'homme et des animaux, ou même simplement la culture, peuvent occasionner la présence dans les eaux de sources de matières organiques, ammoniaque, acide sulfurique, hydrogène sulfuré, hydrogène phosphoré, et même des germes venimeux du typhus, de la petite vérole, du choléra, du charbon, de la morve, etc. Ces eaux, coulant souterrainement à l'abri du contact de l'air, peuvent parfois transporter à d'assez grandes distances ces virus dangereux.

Dans la majorité des cas, ni les sources naturelles ni les galeries filtrantes ne pourront convenir pour l'alimentation d'une ville, tant à cause de la qualité douteuse de leurs eaux que de la faiblesse du débit. Plus rarement encore pourra-t-on disposer de sources assez abondantes pour subvenir aux besoins de l'assainissement public : lavage des rues et des égouts, arrosage des jardins et des promenades, etc.

On est donc le plus souvent obligé, pour les services publics, de recourir à l'eau de rivière. Au reste, de même qu'on a exagéré les qualités des eaux de sources, on a souvent été un peu injuste à l'égard des eaux courantes. L'eau des rivières suffisamment profondes et

abritées par des arbres est assez fraîche en été. On s'habitue rapidement à sa saveur fade, due à une faible teneur en matières salines. Les matières qu'elle tient en suspension et qui troublent sa limpidité, comme aussi la plus grande partie des substances dissoutes et notamment des matières organiques, peuvent être éliminées par la filtration, opération devenue aujourd'hui facile et peu coûteuse. Un traitement spécial, ou le simple passage de l'eau filtrée par le réservoir d'air des conduites de refoulement, lui restituent amplement la teneur en oxygène et azote qu'elle pourrait avoir perdue par la filtration. La faible proportion d'acide carbonique renfermée dans les eaux de rivière filtrées n'est qu'un bien petit inconvénient. Il faut noter en outre que, soumises dans leur cours à l'air libre à une élaboration continuelle, les eaux de rivière s'épurent rapidement d'elles-mêmes.

Telle est la thèse soutenue par M. l'ingénieur Englebert (1). Faisons observer que bon nombre de personnes ayant étudié la question conservent des doutes au sujet de la simplicité et de la pleine efficacité de l'opération du filtrage artificiel des eaux de rivière. D'autre part il est bien entendu que les sources destinées à alimenter une distribution urbaine doivent provenir d'endroits inhabités et peu cultivés, et de terrains qui ne communiquent pas à l'eau une trop forte teneur en matières minérales. Dans ces conditions, l'eau de source sera toujours exempte de matières organiques d'origine animale, suffisamment douce, de même que parfaitement limpide et agréable au goût : sa composition sera constante : bref elle possédera toutes les qualités exigibles d'une bonne eau alimentaire. Reste à examiner, dans les divers cas, si le captage de sources d'un débit suffisant, ou leur création au moyen de galeries de drainage, ainsi que l'établissement de la conduite jusqu'à la localité à desservir n'occasionneront pas des dépenses de beaucoup supérieures à celles que nécessiteraient l'épuration et l'élévation d'eaux courantes prises au voisinage de cette localité.

De la mouture rationnelle. — M. Voss, représentant d'une maison de construction de moulins, a fait récemment en Angleterre, devant la Amalgamated Miller's Trade Society, une conférence au sujet des procédés rationnels de mouture (2). En voici le résumé.

Si l'on considère un grain de blé, on remarque, à l'une des extrémités de son grand axe ou du sillon qui le partage en deux lobes, une petite

(1) *Annales de l'Association des ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand.*

(2) *The Miller.*

cavité où est logé le germe, partie molle, huileuse, contenant la plus grande partie des matières colorantes du grain. Si l'on coupe ensuite le grain transversalement, on y distingue successivement, en allant de la périphérie vers le centre ; 1° une enveloppe épidermique et un péricarpe sec, formés d'un tissu fibreux et résistant de cellulose imprégnée de matières grasses, azotées et minérales (phosphate de magnésie et de chaux, sels de potassium et de sodium, silice, etc.) ; 2° une couche de cellules grisâtres, ou membrane embryonnaire, contenant surtout des matières azotées, albuminoïdes et caséeuses, des phosphates de magnésie et de chaux, et des matières grasses ; 3° à l'intérieur, une partie composée d'autres cellules plus blanches, à périsperme farineux, renfermant principalement de l'amidon (58 à 75 p. c.) du gluten (11 à 23 p. c.), et aussi une certaine proportion de dextrine, glucose, etc. (6 à 10 p. c.). Les blés durs contiennent relativement plus de gluten, de matières grasses, de matières minérales et de cellulose, mais moins d'amidon, que les blés tendres ou blancs.

On sait que le gluten, mélange de matières azotées (glutine, fibrine, albumine et caséine végétale) avec une petite quantité de matières grasses et de phosphates, se rapproche beaucoup par ses propriétés nutritives des substances alimentaires d'origine animale. L'amidon et les graisses ne fournissent guère à notre économie que l'aliment combustible. Quant aux substances azotées et autres constituant la partie corticale du blé, tant la couche de cellules grisâtres que le tissu fibreux extérieur, elles forment un ensemble fort peu digestible ; on n'y trouve pas de gluten ni d'autres principes albumineux ; mais elles renferment un ferment soluble, la céréaline, qui provoque la décomposition du gluten et altère profondément les qualités du pain. Enfin le germe du blé est d'une grande valeur nutritive ; mais sa présence dans la farine est également plus nuisible qu'utile, parce qu'il contient des ferments très actifs, et que sa forte teneur en huile et graisses le rend sujet à la décomposition.

Il en résulte que, dans la mouture, la séparation de l'écorce et du germe des grains d'avec leur amande farineuse doit être aussi complète que possible.

On commence par nettoyer parfaitement le grain, c'est-à-dire par éliminer les corps étrangers et les impuretés qui adhèrent à sa surface : fragments de pierres, mottes de terre, nielle et autres mauvaises graines, orge, avoine, seigle, poussières et champignons microscopiques qui s'attachent aux poils garnissant l'extrémité du grain opposée au siège du germe. Ce nettoyage s'effectue à l'aide de tarares,

ventilateurs, cribles, trieurs, brosses, ébouteurs, laveurs, appareils magnétiques, etc.

On procède alors à la décortication et au dégermage. Le riz, l'orge, le millet, les pois, etc., sont faciles à débarrasser de leur écorce et même de leur germe, à l'aide d'appareils agissant par choc, pression ou frottement. Mais pour le maïs, le froment, le seigle et l'avoine, l'écorce du grain est fortement attachée à l'amande farineuse; et même, dans les grains de froment, cette écorce se replie vers l'intérieur de l'amande. M. Voss propose la méthode suivante de réduction graduelle.

Le grain est d'abord fendu suivant un plan passant par le fond de la rainure longitudinale, et les deux lobes sont séparés l'un de l'autre. L'opération du fendage s'exécute le plus souvent au moyen de l'appareil Jonathan : deux meules en fonte polie, présentant à la feuillère des cannelures rayonnantes arrondies, reçoivent les grains par un petit nombre de rayons partant de l'œillard. Le frottement de roulement et la compression que subissent les grains les font fendre par la section de moindre résistance. Au besoin l'on répète l'opération en rapprochant un peu les meules. La poussière renfermée dans le fond de la rainure et le germe logé à l'une de ses extrémités se trouvent ainsi dégagés du grain avec une petite proportion de gruaux. Le produit est bluté pour séparer les poussières et les germes.

Les grains fendus sont ensuite concassés entre des cylindres en fonte trempée, avec cannelures à arête vive, et présentant à la circonférence des vitesses différentes. Ces cylindres raclant et rompant, plutôt que de broyer et de comprimer, ont principalement pour effet de réduire les grains en gruaux, les uns purs ou nus, les autres (les semoules) habillés ou retenant des particules d'écorce. Cette écorce reste intacte ; et la farine produite, en quantité fort minime du reste, n'en renferme aucunement.

La boulange retirée des cylindres concasseurs est soumise au blutage, opération dont le but est de séparer des gruaux et semoules les parties farineuses pulvérulentes. Les bluteries centrifuges sont préférables au système ordinaire de bluteries : elles exigent moins d'emplacement et donnent une farine plus fine. Ces appareils seront à courant peu intense, à batteurs et à enveloppe ronde.

Après avoir été bien séchés, c'est-à-dire débarrassés par le blutage des parties farineuses, les gruaux passent à l'épurateur ou sasseur, pour l'élimination des parties habillées, semoules, recoupes et sons. Dans le sasseur, les gruaux sont d'abord classés par grosseur sur un crible extérieur, puis abandonnés sous leur propre poids à l'action d'un

courant aspirateur. Les parties légères ou habillées sont ainsi séparées des gruaux purs, plus pesants, et attirées dans des cases spéciales, pour subir ensuite un nouveau traitement. Pour le sassage des gruaux petits et tendres, on dispose dans le courant aspirateur un tamis qui vibre rapidement en va-et-vient, et à la surface duquel viennent flotter les gruaux habillés.

Les semoules plus ou moins volumineuses provenant de cette première série d'opérations sont retraitées un certain nombre de fois aux cylindres concasseurs, que l'on rapproche graduellement, en soumettant chaque fois la boulange de plus en plus fine qui résulte de ce concassage aux opérations de blutage et de sassage. On a finalement : 1° de la farine en granules rompus ; 2° des gruaux purs ou nus, de dimensions diverses; 3° de fines semoules; 4° du son renfermant encore une proportion plus ou moins grande de matière amylacée.

Les semoules subissent un dernier déshabillage entre deux cylindres racleurs à surface unie.

Les sons, pour leur curage ou leur réduction finale, passent entre des cylindres à cannelures fines et tranchantes.

Le blutage et le sassage des produits de ces dernières opérations donnent finalement : 1° de la farine, 2° des gruaux purs, 3° des recoupes (fins gruaux habillés), 4° du son composé presque exclusivement de la partie corticale du grain.

La réduction en farine des gruaux épurés, ou la mouture proprement dite (les opérations précédentes constituant le travail préparatoire), s'opère quelquefois à l'aide de cylindres unis, mais plus souvent et mieux au moyen de meules en silex, travaillant par râpage. La farine obtenue dans les meules est granuleuse, ronde, vivante ; les cellules sont rompues, et leur contenu est prêt à subir efficacement l'influence du levain et de l'eau pour la panification.

Avec les cylindres au contraire, les cellules, surtout celles des froments tendres, sont comprimées, aplaties; et l'eau a beaucoup de peine à les pénétrer lors du pétrissage. Pour éviter cet effet de compression, il faudrait exagérer la différence de vitesse des cylindres.

Telle est la méthode de mouture rationnelle préconisée par M. Voss. Elle se distingue principalement de l'ancienne méthode : 1° par la perfection du nettoyage préliminaire, 2° par la pratique du fendage du grain pour le nettoyage de la rainure et l'enlèvement du germe, 3° par l'emploi de cylindres pour la réduction graduelle des gruaux vêtus et le finissage des sons, 4° par l'adoption de bons sasseurs pour l'épuration convenable des gruaux avant la mouture.

La farine obtenue par cette méthode se conserve très bien. Elle est parfaitement blanche, à part une faible proportion (1 ou 2 p. c.) de farine inférieure produite pendant les premiers concassages.

L'usage des cylindres est généralement adopté en Hongrie, et dans l'Amérique du Nord : il commence à s'introduire en Angleterre.

Dans l'ancien procédé de mouture, ou mouture par meules, on distingue la mouture haute, à blanc, ou à l'économique, et la mouture basse, ou à la grosse.

La mouture haute est celle qui est le plus fréquemment usitée en France. Elle comporte plusieurs passages successifs dans la meule, qui est tenue d'abord assez haute, de façon à seulement ébouter ou éplucher le grain. On obtient ainsi des gruaux, qu'on épure au sasseur mécanique. Ces gruaux sont réduits graduellement ; et l'on obtient une farine relativement pure.

La mouture basse, appelée encore septentrionale ou anglaise, ne comprend qu'un seul passage dans les meules, alors fort rapprochées, et un ou deux blutages. On n'obtient pas de gruaux, mais immédiatement des produits finis, à savoir du son vidé et de la farine de qualité inférieure, fortement mélangée de son. On sait que cette farine est encore employée dans certaines contrées, à Londres même, pour faire du pain bis, quelque indigeste et quelque sujette à s'altérer que soit cette préparation alimentaire.

Il y a aussi la mouture mixte ou demi-haute.

Les meules conviennent très bien, ainsi que nous l'avons vu, pour la réduction des gruaux épurés. Mais leur usage exclusif ne permet pas, même dans la mouture haute, d'effectuer convenablement l'élimination du germe, ni la décortication préliminaire, ni le curage des sons : et l'action râpante des meules ayant pour effet de briser le son attaché aux gruaux, on obtient inévitablement une farine toujours plus ou moins mélangée de son broyé. Il est vrai qu'en revanche le rendement total en farine est un peu plus grand et celui en issues un peu moindre qu'avec les cylindres ; mais, tout bien considéré, ce n'est point là un avantage réel. Et quant au léger surcroît de force motrice et de main-d'œuvre exigé par le procédé de mouture à cylindres, il est aussi compensé largement par l'accroissement de valeur des produits obtenus.

Falsification du beurre au moyen de l'oléo-margarine. — Cette question a fait récemment l'objet d'une communication de M. Schmitt à la Société industrielle du Nord de la France.

On sait que le beurre est aujourd'hui fréquemment additionné d'une certaine quantité d'oléo-margarine, consistant principalement en graisse de porc, et dont la proportion atteint souvent ou dépasse même 25 p. c.

Cette substance peut être reconnue dans le beurre par des procédés organoleptiques, physiques ou chimiques.

Les premiers sont basés sur l'examen de la saveur, de l'odeur, de la couleur et de la consistance. La structure granuleuse du beurre fondu naturel est plus ou moins altérée par la présence de l'oléo-margarine. La coloration jaune de l'oléo-margarine est obtenue à l'aide de safran, curcuma, rocou, jaune Victoria, etc. : or ces substances se décomposent sous l'action de la chaleur et deviennent d'une couleur brun-sale ; elles peuvent du reste être séparées de la graisse en agitant celle-ci avec de l'eau bouillante ou de l'alcool faible. On peut encore s'aider, pour découvrir l'oléo-margarine, des expériences suivantes. On fait fondre le beurre, on y plonge une mèche de veilleuse, on enflamme celle-ci, on laisse brûler deux minutes et on éteint la mèche : l'oléo-margarine dégage une odeur de chandelle de suif mal éteinte (acroléine) qui masque l'odeur caractéristique du beurre. On distille une petite quantité de beurre avec 1 partie en volume d'acide sulfurique et 2 parties d'alcool ; on met sur la paume de la main quelques gouttes du liquide distillé, et on laisse évaporer : en cas de mélange avec l'oléo-margarine, il s'exhale une odeur de vieux suif, au lieu de celle d'éther butyrique (essence artificielle d'ananas).

Les procédés physiques reposent sur la détermination du point de fusion, du point de solidification et de l'état moléculaire (examen microscopique). Mais il est impossible de tirer de ces renseignements des conclusions bien précises.

Les procédés chimiques sont les plus sûrs et les plus exacts ; mais il faut tenir compte de ce que la composition des beurres naturels diffère sensiblement suivant la provenance. Voici la composition moyenne des beurres de Flandre et de Lorraine, mise en regard de celle de l'oléo-margarine.

	Beurre naturel.			Oléo-margarine.
Graisses	80.15	à	85.00	90.40
Caséine	2.40	à	4.00	1.15
Eau	15.70	à	10.00	5.15
Sels et cendres	1.75	à	1.00	3.30
	100.00		100.00	100.00

On voit que l'oléo-margarine contient relativement beaucoup de graisses : et tandis que la graisse du beurre naturel consiste en oléine (30 p. c.), margarine (68 p. c.), butyrine et caprine (2 p. c.), l'oléo-margarine renferme une proportion plus ou moins grande de stéarine. Celle-ci est quelquefois masquée au moyen de l'huile d'arachides ; mais on la reconnaît à ce qu'elle se fige facilement, et qu'elle élève le point de fusion des acides gras renfermés dans le beurre à une température souvent supérieure à 40°. Mais c'est principalement la forte proportion des cendres qui distingue l'oléo-margarine du beurre naturel.

Remarquons encore, avec Bolley, que le beurre naturel, fondu et placé sous un verre à la lumière du soleil durant quelques heures, devient apte à rougir le papier de tournesol humide, par suite de la mise en liberté d'une certaine proportion d'acide butyrique. Le beurre artificiel ne fournit pas cette réaction.

Les mines italiennes de cuivre, plomb, argent et zinc, en 1879-1880. — *Cuivre.* — On exploite dans la vallée d'Aoste des pyrites cuivreuses imprégnant des schistes chloritiques et grenatifères. Ces minerais ne renferment généralement que 3 à 8 p. c. de cuivre. Ils sont fondus dans de grands établissements situés à proximité des mines.

Dans la mine d'Agordo (Alpes), le gouvernement exploite un puissant amas de pyrite de cuivre associée à d'autres minéraux. Ce minerai ne renferme en moyenne que 1 à 1 1/2 p. c. de cuivre. Une laverie et une fonderie sont annexées à la mine : le traitement s'effectue notamment à l'aide de fours Zoppi. 550 ouvriers sont occupés dans ces mines et usines. La production annuelle est d'environ 12 600 tonnes de minerai. Les résultats financiers de l'entreprise se traduisent par des pertes.

Les gisements cuivreux les plus importants sont ceux de Toscane (district de Florence). On rencontre à Monte-Catini des exploitations de chalcopyrite, accompagnée d'érubescite et quelquefois de chalcosine, en veines, en grains, en noyaux, ou même en masses plus volumineuses, disséminées dans des filons en relation avec les roches serpentineuses ; la production annuelle est d'environ 2000 tonnes, valant près de 300 francs la tonne. La mine de Massa-Maritima extrait annuellement 6000 tonnes d'une valeur de 90 à 100 francs : celle de Roccastrada, 300 à 400 tonnes. Citons encore les mines de Volterra et de Rocca-Tederighi : puis, dans la province de Grosseto, celles de

Fenice-Massetana et des Campane-Vecchie, où la pyrite de cuivre se trouve dans des dykes et filons à gangue quartzeuse. Les minerais de la Toscane sont aujourd'hui expédiés à l'étranger, à l'exception des minerais pauvres de la Fenice-Massetana, qui sont traités à la laverie du Carpignone et à la fonderie de l'Accesa.

Il y avait en 1880, dans toute l'Italie, 13 mines de cuivre en exploitation, produisant 32299 tonnes de minerai d'une valeur moyenne de fr. 54,32. Le nombre d'ouvriers occupés était de 1400 environ. On a exporté 11347 tonnes de minerai.

La production totale des usines à cuivre de l'Italie ne dépasse pas 400 tonnes de métal par an. L'importation annuelle de cuivre est de 4500 tonnes environ.

Plomb. — Les minerais de plomb sont exploités principalement en Sardaigne, dans l'arrondissement d'Iglesias. Ils consistent surtout en galène plus ou moins argentifère et en carbonate de plomb. Ces minéraux se rencontrent, soit dans des filons couchés intercalés dans les calcaires et les schistes siluriens (mine de Monteponi), soit dans des filons-fentes traversant ces terrains (mine de Montevecchio). Les minerais sardes renferment en moyenne 40 p. c. de plomb et 250 gr. d'argent à la tonne de minerai. La teneur est portée, dans des ateliers de préparation mécanique annexés aux mines, à 70 ou même à 80 p. c. de plomb. Les minerais enrichis sont expédiés à Marseille, en Angleterre ou aux fonderies de Cogoleto (Gênes) et de Pertusola (dans le golfe de la Spezzia). Les minerais les plus pauvres sont traités dans quelques fonderies situées dans l'île même.

La mine de Monteponi est la plus importante du district d'Iglesias. Les orifices de ses puits principaux se trouvent aux cotes 206 et 216 mètres. L'exploitation est arrivée en profondeur jusqu'au niveau de 61 mètres, où elle se trouve actuellement arrêtée par l'extrême abondance des eaux. Il y a 2 machines d'épuisement d'une force nominale de 500 chevaux chacune, donnant 4 à 5 coups de piston par minute, et élevant ensemble 2912 litres par coup de piston à la hauteur de 53 mètres; les eaux sont déversées à ce niveau (114^m au-dessus du niveau de la mer) dans une galerie d'écoulement d'une longueur de 527^m50. On a entrepris le percement d'une nouvelle galerie qui débouchera à 5700^m du puits et à 2^m70 seulement au-dessus du niveau de la mer. Cette galerie rendra disponible une nouvelle zone de 105^m environ de hauteur, et servira en même temps pour l'extraction des produits.

La Sardaigne a produit, en 1879, 40 266 tonnes de minerai, dont

9500 environ provenant de la mine de Monteponi. Elle comptait 30 mines en exploitation, et occupait à ces travaux 4315 ouvriers. La valeur moyenne de la tonne a été de fr. 202.21.

Sur le continent italien, il existe aussi un assez bon nombre de mines de plomb en activité, notamment celle de Bottino (Serraveza, Toscane). On y exploite un filon de galène argentifère dans le schiste stéatiteux; on en a extrait en 1879 près de 600 tonnes de minerai, qui a été fondu dans l'établissement annexé à la mine. Il y a encore la mine de Valsassina (Lombardie), où l'on exploite des lentilles intercalées dans la dolomie triasique, et des filons traversant le granite; celles de Brusimpiano et de Valvassera, sur des filons en relation avec le porphyre; et celles du voisinage de Pallanza (lac Majeur), d'Auronzo, et de Pieve di Cadore (prov. de Bellune).

La production totale du minerai de plomb en Italie a été en 1879 de 41 301 tonnes, dont 22 789 ont été livrées à l'exportation.

Argent. — Indépendamment des minerais de plomb argentifère, on exploite depuis 1870 dans quelques mines de Sardaigne, notamment dans celles de Monte-Narba, Correboi, Giovanni-Bonu et Bacu-Arrodas, situées dans le district d'Iglesias, de véritables minerais d'argent : argentite, argent natif, kérargyre et pyrargyre. La production a été en 1880 de 1802 tonnes, valant en moyenne 1237 francs la tonne. Le nombre d'ouvriers occupés à cette exploitation a été de 800 environ. Certains minerais ont, après triage à la main, une teneur en argent de 6 p. c., et valent 12 000 francs la tonne. L'argent natif se rencontre parfois disséminé dans l'ocre ferrugineuse provenant de la décomposition de filons pyriteux sous-jacents.

Zinc. — Les minerais de zinc, principalement calamine et blende, abondent surtout en Sardaigne, où ils accompagnent le plus souvent les minerais de plomb. Les calamines, qui sont les minerais les plus recherchés, se trouvent ordinairement en amas intercalés entre les bancs du calcaire silurien. A Monteponi, elles semblent constituer le chapeau des gisements plombifères. Les calamines de Sardaigne renferment de 38 à 50 p. c. de zinc; par la calcination, leur teneur est portée jusqu'à 60 p. c. Elles s'exploitent le plus souvent à ciel ouvert. En 1879, les 24 exploitations de minerais de zinc de la Sardaigne ont produit 63 039 tonnes, valant en moyenne fr. 56.15 la tonne.

En Lombardie, on exploite des veines de calamine dans des amas irréguliers de roches métamorphosées que renferme le calcaire dolomitique du Muschelkalk. Les minerais des diverses exploitations sont

transportés à l'aide de chemins de fer aériens en un point central pour traitement ultérieur.

La production totale des minerais de zinc en Italie a été en 1879 de 73 441 tonnes, valant en moyenne fr. 53,19 la tonne. L'exportation a été de 62 190 tonnes. Il y a eu 3053 ouvriers occupés.

L'industrie du cuivre, du plomb, du zinc et des métaux précieux aux États-Unis. — Les États-Unis sont aujourd'hui devenus les principaux producteurs du cuivre, du plomb et des métaux précieux ; et l'extrême importance de leur exploitation a même causé dans ces derniers temps, notamment pour le plomb, une baisse considérable des prix de vente.

Cuivre. — Les mines de cuivre du lac Supérieur, les plus belles que l'on connaisse, occupaient en 1880 près de 4000 ouvriers. Leur rendement actuel est d'environ 27 000 tonnes.

Les mines de l'Arizona, du Nouveau-Mexique, de la Californie et du Montana sont, après celles du lac Supérieur, les plus importantes. L'Oueen Copper Mine, dans l'Arizona, exploite à ciel ouvert des minerais renfermant jusque 40 et 45 p. c. de carbonates et d'oxydes très faciles à fondre.

Le cuivre est aussi exploité dans la Caroline du Nord, le Missouri, le Tennessee, le Vermont, le Maine, la Pensylvanie, le Maryland... Baltimore est le principal centre manufacturier de cette région.

La production totale du cuivre aux États-Unis est aujourd'hui d'environ 45 000 tonnes par an ; elle atteint, dans le monde entier, 171 000 tonnes.

Plomb et zinc. — Les districts plombifères les plus productifs sont : le Colorado Leadville, etc.), qui fournit annuellement près de 60 000 tonnes de métal ; l'Utah (mine Horn-Silver, etc.) dont la production dépasse 30 000 tonnes ; puis le Nevada, le Montana, l'Idaho et divers autres États de l'Ouest. Dans le sud-ouest du Missouri et l'est du Kansas (Saint-Louis, Kansas-City), dans le New-Jersey (Newark), la Pensylvanie, l'Illinois, l'Iowa et le Wisconsin, on exploite en même temps le plomb et le zinc, ces deux métaux s'y trouvant souvent mêlés dans les mêmes mines. Le plomb des États-Unis est ordinairement argentifère, notamment dans l'Utah et les autres régions de l'Ouest.

Il existe des fonderies de plomb à Chicago, à Eureka (Nevada), à San-Francisco, à Salt-Lake-City (Utah), à Pueblo (Colorado), à Aurora (Illinois), à Pittsburg, à Saint-Louis, à Newark, à Philadelphie et à New-York.

La production totale du plomb aux États-Unis est d'environ 130 000 tonnes par an, dont 100 000 tonnes de plomb argentifère. Celle du monde entier s'élève à environ 450 000 tonnes.

Tout le cuivre et tout le plomb fabriqués aux États-Unis sont livrés à la consommation locale. Ce pays est donc non seulement le plus fort producteur, mais aussi le plus fort consommateur de ces deux métaux.

La production du zinc, 27 000 tonnes environ, est insuffisante pour la consommation. La production totale de zinc sur tout le globe est de 273 000 tonnes.

Métaux précieux. — Les métaux précieux exploités aux États-Unis proviennent principalement des filons de la Cordillière des Andes (États ou Territoires de Colorado, Utah, Montana, etc.). Les roches aurifères, désagrégées par les eaux, sont venues se déposer en partie dans les vallées (Nevada, Californie), où elles constituent les « placers ».

La production de l'or dans l'ouest des États-Unis (Californie, Colorado, Nevada, Dakota, Montana, etc.) a commencé en 1848. Elle a atteint en 1853 la valeur de 325 millions de francs : et elle est encore aujourd'hui de 180 millions.

Les mines d'argent (Colorado, Nevada, Utah, Montana, Arizona, etc.) ont produit dans ces derniers temps, y compris l'argent retiré des plombs argentifères, une moyenne annuelle de 188 millions de francs.

La production annuelle des métaux précieux dans le monde entier s'élève à environ 1011 millions de francs, dont 556 millions pour l'or, et 455 millions pour l'argent.

Depuis 1850 jusqu'en 1880 inclusivement, les États-Unis ont donné pour 9303 millions de francs de métaux précieux (1).

La production du cuivre dans la province de Huelva (Espagne). — M. Pernolet, ingénieur français, a publié récemment un rapport sur les conditions générales de la production du cuivre dans la province de Huelva. Nous en extrayons les renseignements suivants.

La partie de la péninsule ibérique comprise entre le cours inférieur du Guadalquivir et l'océan Atlantique, est constituée de schistes siluriens traversés en de nombreux endroits par des éruptions granitiques. En relation avec ces dernières et alignés suivant la même direction, se rencontrent, principalement dans la partie supérieure du bassin de l'Odice, d'importants gîtes cuivreux.

Ces gîtes sont couronnés dans leurs affleurements d'un chapeau de

(1) *Iron Age, Moniteur des intérêts matériels, etc.*

fer, mélange de schiste, de quartzite et d'oxyde de fer plus ou moins manganésifère. Sous ce chapeau de fer, se trouvent les « azufrones », couches de minerai pulvérulent d'une épaisseur de 0^m 50 à 1^m; puis la masse pyriteuse, consistant en amas lenticulaires intercalés dans la stratification des schistes suivant une inclinaison moyenne de 70° au nord. Ces amas ont une étendue en longueur qui atteint parfois 1000 mètres (gîte de Rio-Tinto), mais qui est rarement supérieur à 700^m. La puissance est généralement en rapport avec l'étendue, elle varie de 16^m à 150^m, mais dépasse rarement 70^m à 80^m. Le minerai se compose de pyrite de fer imprégnée de pyrite de cuivre, intimement mélangée avec du quartz et renfermant aussi de petites quantités de galène plus ou moins argentifère, de blende et de pyrites arsénicales. Sa richesse en cuivre varie de 2,75 à 10 p. c., la moyenne étant de 3 p. c. ou un peu moins. En certains points, cette richesse s'est concentrée suivant des lentilles de 5^m à 20^m de longueur, dont le grand axe est parallèle à celui des amas, et qui se distinguent à leur couleur violette, bleue, ou noire. Le minerai noir ou « negrillo » est un oxysulfure contenant de 12 à 24 p. c. de cuivre, et qui paraît avoir été surtout recherché des anciens. Parmi les gîtes les plus importants, citons ceux de Rio-Tinto, Tharsis, San-Domingo, Lagunazo, Cueva de la Mora, Cabezas del Pasto, et Aguas-Teñidas.

Les Phéniciens, les Carthaginois, les Romains et les Visigoths ont tour à tour exploité ces gisements sur une grande échelle, tout en se maintenant toujours au voisinage des affleurements. L'exploitation en a été reprise très activement depuis 1848, et surtout depuis 1872. En 1881, il y avait dans le district :

1 exploitation de minerai de fer (Rio-Tinto) produisant 7413 tonnes;
1 de minerai de plomb (Rio-Tinto) produisant 2815 tonnes ;
19 de minerais de cuivre donnant 1 425 569 tonnes ;
21 de manganèse rendant 4581 tonnes.

On a exporté, principalement en Angleterre, 450 370 tonnes de minerais de cuivre, et 24 366 tonnes de cuivre de cémentation.

Les différents gîtes cuivreux exploités ont tous plus de 40^m de puissance. Le travail s'effectue à ciel ouvert, par gradins droits. Les frais de production peuvent s'évaluer comme suit, pour 1 tonne de minerai :

Travaux préparatoires.	Fr.	1,50
Exploitation proprement dite : Main-d'œuvre.		1.50
— Matériel. .		0.50
Total. . .	Fr.	3,50

Le traitement pour l'obtention du cuivre de cémentation consiste dans le grillage en tas ou l'oxydation à l'air libre, le lavage à l'eau (4 mètres cubes d'eau par tonne de minerai), et la précipitation du cuivre métallique par le fer (1 1/2 à 2 tonnes de fer par tonne de cuivre recueilli).

L'opération du grillage dure 6 mois environ. On extrait par le premier lavage 50 p. c. du cuivre contenu dans le minerai.

Le restant est retiré par des lavages multipliés que l'on répète pendant plusieurs années.

Les frais de traitement sont, par tonne de minerai :

Grillage	Frs.	0.68
Cémentation et main-d'œuvre	—	4.12
Préparation pour l'exportation	—	0.34
Consommations	—	0.46
Total	—	5.60

Si l'on y ajoute fr. 1.50 pour les frais généraux, le total des frais d'exploitation et de traitement d'une tonne de minerai s'élève donc à fr. 10.60. Le minerai rendant environ 1.5 p. c. de cuivre, le prix de revient d'une tonne de métal s'élève à 700 francs environ. Le prix de vente à Swansea étant de fr. 1250, il reste un bénéfice de fr. 550, dont il faudra toutefois déduire fr. 100 environ pour les frais de transport, assurance, essais, etc.

Quant au minerai, il est vendu à Swansea, la tonne :

Pour 3 unités de cuivre à fr. 12.50	Frs.	37.50
— 48 — soufre — 0.60	—	28.80
Total	—	66.30

Si l'on retranche de cette somme les frais d'exploitation (fr. 3.50) et les frais généraux, il reste pour les frais de transport de la mine à Swansea fr. 60 environ ; et ces frais de transport variant de fr. 25.50 à 60, les bénéfices de l'exploitant peuvent être nuls ou s'élever à 35 fr. par tonne.

Le transport des mines au môle de Huelva s'effectue en grande partie sur les voies ferrées établies par les sociétés minières. Citons le chemin de fer de Rio-Tinto, de 83 kilomètres de longueur : celui du Buitron, de 57 kilomètres ; et celui de Tharsis, de 44 kilomètres. En outre, un chemin d'intérêt général, subventionné par l'État et reliant le centre de la région métallifère au port de Huelva, doit être mis en ex-

ploitation cette année ; ce chemin de fer aura une longueur de 84 kilomètres.

Voici le détail des frais de transport d'une tonne de minerai :

Voiturage de la mine au chemin de fer	Frs.	0,50	à 22,00
Transport par chemin de fer		7,00	15.00
Transport au steamer		1,00	3,75
Chargement en bateaux		0,25	1,50
Fret de Huelva à Swansea		13,75	13,75
Frais à Swansea		3,00	4,00
Totaux	Frs.	25,50	60,00

J. B. André.

GÉOGRAPHIE.

Une nouvelle route au pôle nord. — La barque de pêche *William*, capitaine J. A. Sörensen, de Tromsö, a pu s'avancer l'été dernier jusqu'à la côte nord de la terre du Nord-Est (Spitzberg) entre le cap Platen et l'île Outger Reps (80°80′ lat. N). Du haut de cette dernière, qui a une altitude de 620 à 720 pieds anglais (188 à 220 m.), il vit au N-E, au milieu d'une mer calme et transparente, un terre basse qui semblait partagée en deux ; il lui fut impossible de distinguer si cette terre formait deux îles, ou si elle était creusée par un golfe. Il conjecture qu'elle est à une distance de l'île de Reps d'une vingtaine de milles norvégiens, environ 225 kilomètres (1) ; elle formait un plateau peu élevé, et n'avait aucun de ces pics qui caractérisent le Spitzberg et qui lui ont donné son nom. La mer était complètement libre de glace, et l'on aurait pu facilement arriver à cette terre inconnue.

Le Dr Pettersen, directeur du musée de Tromsö, qui communique cette nouvelle à la rédaction des *Proceedings*, croit que cette terre est celle que le capitaine Kjeldsen aperçut en 1876 et qu'il nomma *Hvide öe* (île Blanche.) Elle est située au nord de *Stor öe* (île Grande) que, d'après son opinion, Petermann place un peu trop au nord, et qui se trouverait au nord-est du cap Smyth et non au sud-est. Il étudie ensuite l'état des glaces dans ces parages ; il convient que cet état est

(1) Et non 110 milles anglais, le mille norvégien valant 11kil,295.

extrêmement variable, que le passage entre le cap Nord et les sept îles est des plus difficiles, que les navires y courent risque d'être enfermés par les glaces, et avoue même que le *William* s'y est trouvé pris pendant une semaine ; par contre, il fait remarquer que cette glace n'était pas d'origine maritime, mais provenait des fiords, d'où elle avait été arrachée par les vents et les courants pour être poussée vers la haute mer. Il ajoute que bien d'autres navigateurs avant Sörensen ont trouvé cette mer ouverte : Smith et Ulve en 1871, Kjeldsen en 1876, et même plus anciennement Gillis en 1707 et Baffin en 1614. Enfin, suivant lui, quel que puisse être l'état des glaces dans une année donnée, l'expérience des dix dernières semble avoir prouvé suffisamment que l'approche de cette partie de la mer polaire est assez souvent possible, et que l'on pourrait prendre ces parages pour point de départ, si l'on voulait essayer de nouveau d'atteindre le pôle. Petermann place la terre de Gillis vers 81° 30′ lat. N, et de 35° à 36° long. E Gr. Or le point le plus occidental de la terre François-Joseph, le cap Lofley, fut aperçu en 1880 par Leigh Smith, qui croit pouvoir en fixer la position à 81° lat. et 42° long. Il est donc probable que ces deux terres, qui ne sont qu'à 38 milles environ l'une de l'autre, n'en forment qu'une, ou au moins appartiennent à un même groupe. Le courant d'eau chaude, qui longe la côte orientale du Spitzberg, court vers la terre Gillis (François-Joseph), et arrivé là se courbe dans une direction N ou N-W, pourrait donc ouvrir une route facile vers le pôle. D'après lui, on pourrait sans beaucoup de difficulté atteindre la terre de Gillis, et partir de là, soit par terre, soit par eau selon les circonstances. Il serait toutefois difficile de revenir le même automne, et l'on serait obligé d'hiverner sur cette île. Il faudrait également, pour plus de sûreté, etablir un dépôt sur le Spitzberg oriental, par exemple à l'île de Reps, ou à celle de Broch ou de Foyn ; et, comme la station de la baie des Moules établie en 1872-73 par Nordenskiöld existe toujours, le retour serait assuré dans tous les cas. En finissant, le Dr Pettersen attire l'attention sur les *Ski* ou patins à neige des Norvégiens, qui permettent d'avancer rapidement sur la neige et la glace. Nordenskiöld s'en est servi avec succès à sa dernière expédition au Groënland, et ils joueront probablement un plus grand rôle aux prochaines explorations polaires (1).

Nous croyons que l'idée du Dr Pettersen n'est pas précisément nouvelle. Il y a quelque vingt ans, elle fut préconisée et fortement appuyée

(1) *Proceedings*, jan. 1884.

par feu le Dr Petermann, qui conseillait cette route à l'expédition polaire allemande.

Les suites de la catastrophe de Krakatau. — L'*Exploration* publie un extrait d'une lettre de Saïgon, où on lit que, le 27 décembre dernier, donc trois mois après la terrible éruption de Krakatau, un des grands transports français a rencontré entre Singapour et Saïgon un banc de pierres ponces d'une épaisseur de 40 centimètres environ, qui couvrait toute la surface de la mer jusqu'à l'horizon. Le banc était si épais que le navire a été forcé de stopper ; les pierres ponces obstruaient les prises d'eau et, par suite, les machines étaient paralysées.

Un nouvel État musulman dans l'Asie centrale. — Au delà de l'Amou Darya, ancien Oxus, au S-W du Pamir, se trouvaient quatre petits États habités par des Kirghiz et d'autres peuplades turques, Koulab, Darvas, Vassa et Shadoumani. Trop faibles individuellement pour défendre avec succès leur indépendance, ils étaient soumis tantôt aux Afghans et tantôt au khan de Boukhara. Il y a quelque temps, une querelle sanglante s'éleva entre eux. L'émir d'Afghanistan ayant voulu profiter de cette circonstance pour s'en rendre définitivement maître, les habitants ont conclu une alliance et reconnu comme seul souverain l'émir de Koulab, qui a été proclamé khan et commandant de l'armée. Ce nouveau khanat, dont la capitale est la ville de Sayad, est appelé à jouer un certain rôle dans une guerre éventuelle entre la Russie et l'Angleterre en Asie centrale (1).

Une éruption volcanique dans l'Alaska. — Le 8 octobre 1883 au matin, les colons et les pêcheurs de Graham et de English Harbour, du côté est de Cook's Inlet (vers 60° lat. N et 150° long. W Gr.), entendirent une violente détonation, semblable à un long grondement de tonnerre. Il était environ huit heures ; le temps était splendide, un vent léger soufflait du sud-ouest, la marée était basse. A l'opposé, sur la côte W du golfe, la clarté de l'horizon permettait à la vue de s'étendre à une distance de plus de soixante milles.

Dans la baie de Kamishak, se trouve l'île de Chernaboura, dont le diamètre est d'environ sept milles. Cette île offre une pente qui s'élève dans la direction N-E et se termine par un pic nommé mont Augustin.

(1) *Tydschrift* d'Amsterdam.

La côte septentrionale est bordée de rochers escarpés d'une assez grande élévation et de précipices à pic: la côte sud, au contraire, est déprimée et à fleur d'eau. Le mont Augustin est situé à 49 milles (90 kilomètres) de distance de l'extrémité S-W des établissements de English Harbour.

A la suite de la détonation, une énorme colonne de fumée s'éleva tout à coup du mont Augustin. Elle prit d'abord la direction N-E sous l'influence de la brise. Mais bientôt elle s'étendit dans toutes les directions, obscurcissant le firmament à perte de vue. Alors commença une pluie de pierres ponces pulvérisées, mélangées parfois de sable très fin. A 8 h 30 m, un immense soulèvement d'eau se produisit, une vague énorme de 25 à 30 pieds vint se jeter sur la partie S-W de English Harbour, entraînant avec elle les barques des pêcheurs et inondant les maisons. Par bonheur, la marée était basse; sans cette circonstance, tous les habitants eussent été inévitablement engloutis et emportés dans le mouvement de retrait. A quelques minutes d'intervalle, deux autres soulèvements des eaux, d'une hauteur de 15 à 18 pieds, se manifestèrent; puis, pendant tout le reste du jour, des vagues énormes et irrégulières vinrent s'abîmer dans le port. Le même phénomène, provenant de soulèvements sous-marins, fut également remarqué, plus au sud, dans l'île de Kodiak (vers lat. 53° 30′). La poussière des cendres volcaniques couvrit tous les environs de English Harbour d'une couche épaisse de 4 à 5 pouces, et le jour devint si obscur qu'il fallut allumer les lampes.

Le spectacle que l'on avait à la nuit tombante, en regardant du continent l'île de Chernaboura à une distance de 49 milles, était vraiment imposant. Des colonnes de flammes et de fumée incandescente semblaient rattacher le ciel à la terre. Personne ne s'est approché à moins de dix milles de ce vaste cratère.

Le 11 novembre, on reconnut que le mont Augustin s'était fendu en deux, du sommet à la base, et que son versant N s'était affaissé au niveau des rochers de la côte. La fumée sortait encore du cratère à peu de distance de la partie S de la grande déchirure. Deux nouvelles îles ont surgi dans le détroit qui sépare Chernaboura du continent; l'une a une hauteur de 75 pieds, l'autre est plate, mais large d'un demi-mille.

Depuis le mois d'août dernier, on avait remarqué que le mont Augustin jetait de la fumée, mais on était loin de s'attendre à une éruption aussi violente.

A la fin de l'été, une association de sept ou huit pêcheurs aléou-

tiens avait loué un coin de terre dans l'île de Chernaboura, pour se livrer à la chasse de la loutre de mer pendant l'hiver. Deux de leurs femmes refusèrent de rester à cause de cette fumée qui leur faisait peur, et se réfugièrent dans l'île de Kodiak. Depuis l'éruption, aucun de ces pêcheurs n'a été retrouvé, et il n'est resté aucun vestige de leurs *bidarkas* (pirogues) ; pourtant de nombreux indigènes ont parcouru les côtes pour les rechercher. On croit qu'ils ont été tous engloutis (1).

Publications anglaises. — En 1883, il a été publié 6145 ouvrages en Angleterre et 3481 dans les États-Unis de l'Amérique. Sur ce nombre, il y a eu en Angleterre 578 romans et 670 en Amérique ; 223 livres de droit en Angleterre et 397 en Amérique. Pour les ouvrages de médecine et les poésies, les deux pays se balancent à peu près, bien que l'Angleterre y ait le pas sur l'Amérique ; le premier de ces pays a fourni 253 livres de médecine et l'Amérique 211, et les poésies donnent respectivement 184 et 159 ouvrages. Mais c'est pour les livres consacrés à des questions religieuses ou destinés à la jeunesse que l'Angleterre l'emporte de loin : elle a produit 912 et 939 ouvrages, tandis que les chiffres donnés par l'Amérique ne sont que 375 et 331.

Journaux en Angleterre. — Le *Newspaper Press Directory* nous apprend qu'il se publie actuellement 2015 journaux dans le Royaume-Uni. La seule ville de Londres en a 401, soit une cinquième du total, et le reste de l'Angleterre 1177. Le pays de Galles en compte 80, l'Écosse 181 et l'Irlande 156, tandis que les îles normandes avec celle de Man en ont 20. 179 seulement de ces journaux paraissent tous les jours.

Outre ces journaux consacrés à la politique et aux nouvelles courantes, le Royaume-Uni possède encore 1260 *Magazines* et Revues dont 332, soit plus du quart, traitent d'affaires religieuses.

Les chemins de fer en Europe. — Le premier chemin de fer à l'usage des voyageurs fut construit en 1830 entre Manchester et Liverpool. La Belgique fut le premier État du continent européen qui imita l'exemple de l'Angleterre, et décréta tout un réseau de voies ferrées en 1834. La première section (Bruxelles-Malines) fut inaugurée en 1835. Huit ans plus tard, en 1843, huit États de l'Europe avaient des chemins de fer ; aujourd'hui tous en possèdent.

(1) *Société de géogr. de Paris.* Compte rendu de 1884, p. 132.

Voici en kilomètres la longueur de ces chemins de fer, à trois époques de 20 ans en 20 ans.

	1843	1863	1883
Autriche Hongrie	378	5262	19735
Empire allemand	1070	12635	34676
Grande-Bretagne et Irlande	4660	18580	29621
France	600	11094	28638
Italie	33	2946	9264
Russie	27	3387	22894
Finlande	»	»	1172
Suède	»	886	6118
Norvège	»	275	1377
Danemark	»	462	1650
Pays-Bas	46	346	2011
Belgique	438	1943	4182
Luxembourg	»	161	399
Suisse	»	1135	2886
Espagne	»	2728	7848
Portugal	»	204	1673
Grèce	»	»	12
Turquie	»	64	1140
Roumanie	»	»	1474
Bulgarie	»	»	224
Bosnie et Herzégovine	»	»	370
	7252	62108	177364

Comme on le voit par ce tableau, les chemins de fer de l'Europe auraient pu faire, il y a 20 ans, une fois et demie le tour de la terre ; aujourd'hui ils le feraient quatre fois et demie. Leur longueur est presque la moitié de la distance de la terre à la lune.

Chemins de fer et houillères en Chine. — Le rapport du consul américain à Thien-tsin donne les détails suivants concernant les houillères de Kai-ping (à 71 milles anglais N-N-E de Thien-tsin) et le chemin de fer qui en dépend. La *Chinish Engineering and Mining Company*, plus connue sous le nom de *Kai-ping Company*, est dirigée par des ingénieurs anglais et américains, et emploie les engins les plus perfectionnés. Pour faire sauter les couches, on ne fait pas usage de la dynamite, les ouvriers refusant de s'en servir à cause des malheurs qu'elle a causés ; on se sert de la poudre, qui se fabrique à l'arsenal de Thien-tsin. Les maisons du village voisin et les travaux sont éclairés au gaz, et de grandes briqueteries mécaniques sont annexées aux houillères. Le charbon ne vaut pas celui d'Angleterre ou d'Amérique, mais est fort supérieur à celui qu'on tire au Japon des mines de Taka-

jima, près de Nagasaki. Au commencement de 1883, on obtenait 300 tonnes par jour, et on avait l'espoir d'arriver à 500 à la fin de l'année. La Compagnie avait d'abord l'intention d'établir un chemin de fer depuis les houillères jusqu'à la côte (30 à 40 milles), mais elle dut renoncer à ce projet par suite de l'opposition des habitants, et elle se contenta d'en construire un de 7 milles jusqu'à Shu-kon-chong, d'où un canal de 21 milles fut creusé jusqu'à la rivière de Pe-tong. Il y a journellement six trains aller et retour. Pour ne pas s'aliéner les voituriers, on ne transporte pas d'autres marchandises que le charbon de la mine ; mais les voyageurs sont déjà nombreux. Deux locomotives et les voitures de seconde et de troisième classe ont été importées d'Angleterre ; une autre locomotive, et les voitures de première classe, destinées aux personnes de distinction et aux Européens, ont été fabriquées à Kai-ping. Les Chinois apprécient beaucoup ce moyen de voyager, et le produit des voitures des 2e et 3e classes suffit pour couvrir les frais de construction (1).

L. D.

HYGIÈNE.

Les bactéridies charbonneuses existent-elles dans le lait des animaux atteints du charbon (2) ? — Après des recherches contradictoires, cette question semble recevoir aujourd'hui une réponse affirmative, dont l'importance en hygiène n'échappera à personne. Jusqu'ici dans l'étude de la virulence du lait, on n'avait eu recours qu'aux inoculations ; mais MM. Chambrelant et Moussous ont mis à profit la méthode des cultures suivies d'inoculations. Sur trois expériences, deux ont fait constater la présence de la bactéridie dans le lait d'animaux charbonneux, et dès leur vivant. Mais elle y existe en faible proportion, alors qu'elle fourmille dans le sang. La troisième expérience a été négative, mais peut-être pas absolument ; car, si le sang lui-même contient peu de bactéridies, celles-ci peuvent faire défaut dans le peu de lait qui sert aux expériences. Quoi qu'il en soit, les

(1) *Monastschrift für den Orient*, janv. 1884.
(2) *Journal des sciences médicales et naturelles de Bruxelles.*

faits positifs renferment un enseignement de haute valeur. Quand l'affection charbonneuse règne dans une région, il est indispensable de ne consommer qu'un lait soumis à l'ébullition. La bactéridie succombe avant d'avoir atteint cette température.

Couveuses pour enfants. — On sait qu'une des principales causes de la mortalité des enfants qui naissent avant terme, surtout s'ils sont peu développés, consiste dans l'abaissement de leur température. Il est bien difficile, dans nos chambres ordinaires, d'atteindre et d'entretenir le degré de chaleur qui convient à la complexion délicate de ces nouveau-nés. Si on y parvient, grâce à une surveillance incessante, c'est en rendant l'appartement presque inhabitable aux adultes. Il était donc naturel de recourir aux couveuses artificielles, qui avaient fait leurs preuves dans l'incubation des œufs et l'élève de nos oiseaux de basse-cour.

En 1881, M. Tarnier se servit à la Maternité de Paris d'une couveuse de grande dimension, et il en obtint des résultats très satisfaisants. Mais le volume et le prix de l'appareil en rendaient l'emploi peu pratique dans la clientèle privée. Aussi M. Auvard chercha-t-il à le modifier : voici la description sommaire de la couveuse qu'il a fait construire, et dont la simplicité et le prix modique ne manqueront pas de vulgariser l'usage :

Elle se compose (1) d'une caisse en bois de 65 centimètres de longueur, de 36 centimètres de largeur et de 50 centimètres de hauteur. Les parois ont une épaisseur de 25 millimètres. Une cloison horizontale incomplète, située à 15 centimètres au-dessus de la paroi inférieure, divise en deux parties l'intérieur de la caisse. L'étage inférieur est destiné à recevoir des boules d'eau chaude en grès. L'une de ses parois correspondantes au sens de la longueur glisse dans une coulisse à droite et à gauche pour permettre l'introduction des boules. Une des parois répondant à la largeur de la caisse présente une ouverture destinée au passage de l'air, qui doit traverser toute la longueur de l'étage inférieur pour se rendre dans le compartiment supérieur. Celui-ci est garni de coussins sur la cloison horizontale dont nous avons déjà parlé et qui va servir de couche à l'enfant. La paroi supérieure de cet étage présente un couvercle vitré que l'on enlève pour déposer l'enfant sur sa couche. Le couvercle s'adapte assez exactement à cette paroi pour intercepter tout passage de l'air. Mais l'on a

(1) *Bulletin général de thérapeutique*, 30 janvier 1884, p. 66.

soin de pratiquer sur la partie non vitrée, ou même tout en haut de la paroi verticale qui permet l'entrée de l'air à l'étage inférieur, une ouverture destinée à la sortie de cet air. Une petite hélice que l'on peut adapter à cet orifice fera constater la réalité et l'intensité du tirage.

Pour s'opposer au dessèchement de l'air, on placera entre les deux étages une éponge mouillée d'eau simple. Enfin un thermomètre déposé dans le compartiment supérieur en fera apprécier la température.

Les boules d'eau chaude sont longues de 29 centimètres et ont la capacité d'un demi-litre. On en emploie quatre d'ordinaire pour maintenir la température autour de l'enfant entre 30 et 32 degrés, alors que l'atmosphère de l'appartement n'en accuse que 16 à 18.

Pour obtenir la température voulue, on remplit trois boules d'eau *bien bouillante*. Après une demi-heure, elles donnent le degré voulu. Deux heures plus tard, on place la quatrième boule auprès des trois premières, et toutes les heures et demie ou toutes les deux heures on change le contenu de l'une des boules. On continue ce renouvellement par numéro d'ordre.

L'observation du thermomètre nous assure contre une trop grande élévation de la température. Mais, en opérant comme nous l'avons dit, il est rare que l'enfant puisse courir quelque danger. On y remédierait d'ailleurs en s'opposant à la fermeture complète de la paroi supérieure par le couvercle vitré.

On retire l'enfant de la couche toutes les deux ou trois heures, pour lui faire prendre son repas, et on profite généralement de ce moment pour renouveler les boules.

Les résultats obtenus par l'emploi des couveuses sont très encourageants. Les enfants d'un poids inférieur à 2000 grammes, au moment de la naissance, succombent sans couveuse dans la proportion de 66 p. c. Grâce à la couveuse, la mortalité s'abaisse à 38 p. c.

Abstraction faite du poids, c'est-à-dire dans le traitement de certaines affections des nouveau-nés à terme, la couveuse donne des statistiques remarquables. Pour ne parler que de l'œdème, sur 20 enfants atteints de cette affection, 16 y succombent d'après M. Depaul ; tandis que, grâce à la couveuse, on en sauve 21 sur 25.

Si de pareils résultats se confirment, et ils répondent à une indication assez rationnelle pour l'espérer, l'emploi de la couveuse ne peut manquer de se généraliser.

Des poudres alimentaires et spécialement des poudres de viande. — L'alimentation forcée, à laquelle on a fréquemment recours aujourd'hui, se pratique à l'aide d'un syphon ou tube de Faucher. Mais le mélange alimentaire composé de viande crue, de lait et d'œufs, à le sérieux inconvénient d'obstruer la lumière ou les orifices de la sonde. Il est donc important de substituer la poudre de viande à la viande crue. Voici comment M. Debouc prépare cette poudre : après l'avoir hachée avec un hachoir mécanique, il la comprime légèrement et l'étend en couche mince dans une étuve, où il la soumet à une température d'environ 110 degrés. Il obtient ainsi des plaques dures qu'il concasse, et que le broyeur réduit ensuite en poudre impalpable. Cette poudre se mélange très bien au lait, et passe facilement ainsi par l'appareil de Faucher. Malheureusement, pour obtenir 1 kilogramme de poudre, il faut environ 6 kilogrammes de viande crue et, si l'on choisit le filet de bœuf, on conçoit que cette préparation coûte très cher. Il est vrai qu'on peut se servir de viande de cheval, qu'on peut ajouter à la poudre de viande de la farine de lentilles cuites (Revalescière), et composer ainsi un aliment très nutritif et d'un prix moins élevé (1).

Mais l'élévation du prix n'est pas le principal inconvénient de la poudre de viande. Nous lisons, en effet, dans le même journal que cette préparation s'altère promptement, au point d'être repoussante au goût. Le tube-siphon peut, il est vrai, tromper le goût et l'odorat ; mais l'estomac ne souffrira-t-il pas de l'ingestion d'une poudre rance ? Il fallait donc trouver le moyen d'obtenir une poudre inaltérable. Pour y parvenir, il était essentiel de chercher la cause de l'altération de la viande. M. Rousseau pensa qu'elle était due aux principes gras de la trame fibreuse des muscles, et aux substances fermentescibles qui les imprègnent. En effet, la graisse est avide d'oxygène et elle rancit en l'absorbant, surtout au contact des matières albuminoïdes. Quant au suc des viandes, il est altérable au plus haut degré, et nous savons qu'il forme les soixante-quinze centièmes de leur poids. Sa composition est des plus complexes. Outre l'albumine, l'acide lactique, le phosphate et l'inosate de potasse, il renferme de la sarcosine, de la xanthine, de la sarkine, de l'urée, des urates de chaux, de potasse, de soude et d'ammoniaque, de l'hippurate de soude, des sels de soude à acides gras (oléique, margarique, stéarique, butyrique, valérique), de l'oléine, de la margarine, de la stéarine, de la matière grasse phosphorée, de la cholestérine, de la biliverdine.... Ces innombrables substances se dé-

(1) *Bulletin général de thérapeutique médicale et chirurgicale.*

composent sous l'influence des fermentations qui s'en emparent, et cette décomposition engendre à son tour des composés nouveaux qui appartiennent à la putréfaction.

Si de pareilles transformations peuvent s'opérer dans la viande crue, on doit reconnaître que la plupart sont impossibles ou très atténuées dans la viande desséchée. Mais la graisse y rancit très facilement, et c'est à son élimination qu'il faut s'attacher, si l'on veut préparer une poudre de viande inaltérable.

M. Rousseau dessèche la viande hachée à une température de 45°, et l'amène ensuite à l'état pulvérulent. Il la dépose dans un appareil à lixiviation, et l'y laisse macérer deux heures dans deux fois son volume d'alcool à 95°. Il permet alors à l'alcool de s'écouler, mais c'est pour le remplacer par une quantité nouvelle de liquide dont les propriétés dissolvantes soient intactes. Il fait disparaître celle-ci à son tour, et il continue à opérer de la sorte jusqu'à ce que la filtration ne modifie plus la coloration normale de l'alcool. La viande est alors réduite en tourteaux, séchée à une température de 110 degrés et finement pulvérisée.

Si la viande était très grasse, au lieu de se servir d'alcool seul, on recourrait avec avantage à un mélange d'alcool et d'éther, en proportions variables d'après la quantité de graisse à dissoudre.

Ce procédé de préparation rend la viande tout à fait inaltérable, et lui donne une belle couleur chamois clair. Mais est-il possible que le contact si prolongé et si répété de l'alcool à 95° ne change point ses propriétés alimentaires? M. Rousseau répond à cette objection par des expériences, dans lesquelles il met en présence les produits de sa préparation et ceux que l'on obtient par le procédé ordinaire. Les résultats sont tout à l'avantage des premiers, non seulement au point de vue de la rapidité de la digestion, mais encore relativement à la quantité de substances albuminoïdes transformées en peptones.

Dr Dumont.

GÉNIE CIVIL.

Divers systèmes d'exécution des grands tunnels. — Depuis le percement du mont Cenis, le tunnel du Saint-Gothard a été ouvert à la circulation des trains, et bientôt la ligne ferrée d'Innsbruck à Bludenz traversera l'Arlberg, qui a été percé le 13 novembre 1883.

On peut grouper, dans le tableau ci-après, les principaux renseignements concernant ces trois grands ouvrages.

TUNNELS	Longueur en kilomètres	Durée du percement en mois	Avancement journalier en mètres	Prix du mètre courant du tunnel
Mont Cenis.	12	157	2m35	6160 fr.
Gothard.	15	88	5 50	3900
Arlberg.	10	40	8 30	2825 (probable)

La construction du tunnel de l'Arlberg a donc réalisé de grands progrès.

Sans nous arrêter à l'examen détaillé des perfectionnements apportés au travail exécuté à travers l'Arlberg par les ingénieurs des chemins de fer de l'État autrichien, nous devons signaler la cause principale qui, d'après M. Bridel, ingénieur de la Compagnie du Gothard (1), a produit l'avancement rapide des travaux de l'Arlberg.

Au Gothard, a été employée la méthode *belge*, qui place la galerie de direction au faîte du tunnel. On passe de la petite à la grande section par une série de chantiers d'abatage. La construction de la voûte précède celle des pieds-droits. L'établissement du radier termine l'ouvrage.

L'une des conséquences de ce procédé a été, au Gothard, l'emploi de plans inclinés, ménagés de distance en distance, de manière à raccorder la voie de la galerie avec la voie du chantier de battage au large, placée en arrière. Il fallut souvent déplacer ces rampes : c'est en vain qu'on essaya de les remplacer par des élévateurs hydrauliques.

La méthode *belge* oblige à donner à chaque chantier assez de développement en longueur, pour pouvoir y occuper utilement une certaine quantité d'hommes. Dans les tunnels de petite longueur que l'on rencontre en Belgique, le plus souvent on perce d'outre en outre la galerie de direction. Là où le travail souterrain atteint de très grandes proportions, là où il faut atteindre un avancement rapide, par exemple 5 mètres chaque jour, il ne peut guère y avoir moins de 1200 mètres entre le front de taille à l'extrémité de la galerie et la partie complètement achevée du tunnel. C'est donc 2400 mètres restant à achever de chaque côté du point de jonction des galeries de direction après que celles-ci se sont rencontrées. Dans ces conditions, il faudrait 16 mois encore, près d'une année et demie, après le moment solennel où les

(1) *Revue générale des chemins de fer.*
Annales des ponts et chaussées. — Septembre 1883, pp. 347-352.
Association des ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Liège. — Conférence du 2 décembre 1883, par M. Paul Trasenster.

mineurs, venus des deux côtés de la montagne, se sont rencontrés, pour que la voie souterraine soit parachevée.

Au Gothard, il a fallu 22 mois pour terminer les 3000 mètres restant à achever après la rencontre des galeries.

A l'Arlberg, la méthode *autrichienne* a réduit la longueur normale des chantiers d'une attaque à 950 mètres, si bien qu'il a été possible de prévoir, dans le cahier des charges, que les derniers travaux d'élargissement seraient terminés dans les 6 1/2 mois après la date du percement.

Au mont Cenis, où la galerie fut aussi établie à la base de l'ouvrage, l'élargissement final ne demanda que 9 mois. On y suivit cependant des procédés différents de ceux qui ont eu tant de succès à l'Arlberg et qu'il importe de décrire brièvement.

Tandis qu'au mont Cenis le ciel de la calotte était atteint à l'aide de deux étages, le second étant formé d'une galerie creusée en calotte, les ingénieurs autrichiens s'inspirèrent de ce qui avait été pratiqué pour l'ouverture du tunnel de Laveno (2935 mètres). Ce dernier ouvrage fut établi à l'aide d'une galerie de base, creusée d'un bout à l'autre en 368 jours. En même temps fut ouverte une galerie en calotte qui transperça une seconde fois la montagne deux mois après. Les deux galeries communiquaient de distance en distance à l'aide d'entonnoirs creusés verticalement du ciel de l'une à la base de l'autre. Le battage au large et la maçonnerie suivant, le souterrain fut livré 16 1/2 mois après le commencement des travaux.

A l'Arlberg, la galerie de base avançant, des cheminées furent élevées verticalement, de distance en distance, à partir du ciel de cette première galerie. Chacune de ces cheminées devint, à l'extrémité supérieure, le point de départ d'une attaque dans les deux directions et, partant, d'une galerie partielle en calotte. Ainsi se multiplièrent les chantiers isolés. Les cheminées servirent à l'évacuation des déblais, provenant tant du creusement de la galerie supérieure que des abatages latéraux. Ceux-ci se pratiquèrent par anneaux longs de 6^m ou 8^m chacun, alternant les uns avec les autres. Ce fut aussi par anneaux alternatifs de cette longueur que les maçonneries furent élevées, à commencer par le radier et les pieds-droits.

Suivant la méthode belge, la galerie de direction se creusant en calotte, la voûte est construite et supportée sur des étais; les pieds-droits sont établis en sous-œuvre.

Il en résulte, dans les terrains exerçant une forte pression, des déviations, parfois même des dislocations de la voûte, qui sont évitées, en grande partie du moins, par la méthode autrichienne.

M. l'ingénieur Bridel a comparé les deux systèmes au point de vue de la dépense.

Le coût de l'ouverture du souterrain est à peu près le même dans les deux cas.

Mais la galerie de base offre de grandes facilités pour les changements, la pose des voies et les transports. Elle en offre aussi en ce qui concerne l'écoulement des eaux de suintement et l'établissement des conduites d'eau et d'air servant à l'alimentation des machines perforatrices et à la ventilation.

La conclusion est celle-ci : l'excavation à pleine section et l'exécution des maçonneries sont plus coûteuses avec la galerie en calotte, dans le cas où s'impose l'emploi de la perforation mécanique.

Aussi M. Plate, ingénieur des chemins de fer de l'État autrichien, émet-il l'avis, en présence des résultats obtenus à l'Arlberg, qu'on n'entreprendra plus de grands tunnels à avancement rapide avec galerie de direction supérieure.

Les ascenseurs hydrauliques.—On appelle ainsi des appareils d'un usage nouveau, qui permettent de faire franchir à des bateaux, d'un même coup, des hauteurs considérables.

A l'origine, on ne songea à mettre en œuvre une série de presses hydrauliques pour soulever les navires tout d'une fois que dans les cales sèches de la Tamise, de Malte et de Bombay.

En 1875, MM. E. L. Williams et Edwin Clark projetèrent et construisirent l'appareil, qui fut à proprement parler le premier ascenseur hydraulique, pour opérer la jonction entre la rivière Weaver et le canal de Trent-Mersey.

Après l'excellente esquisse tracée l'année dernière dans la *Revue des questions scientifiques* (1) par une plume élégante, ce serait faire œuvre parfaitement inutile que de décrire ici les organes essentiels d'un appareil fondé sur les propriétés, bien connues en physique, de la balance hydraulique. Ce n'est pas non plus le lieu de s'arrêter aux nombreux détails intéressants que comportent la construction et la manœuvre d'un ascenseur hydraulique du type d'Anderton.

« A coup sûr, » écrivait le R. P. Van Tricht, après avoir rappelé les grandes lignes du projet d'établissement des ascenseurs destinés, dans la pensée de MM. Claes, de Grandvoir et Kraft, à faire fran-

(1) 20 juillet 1883, pp. 290-297.

chir aux bateaux du canal de Charleroi la crête de partage entre les vallées de la Senne et de la Sambre, « à coup sûr, il y avait dans cette conception un cachet original et grandiose. S'il avait été donné aux ingénieurs qui l'ont proposée de réaliser leurs plans, la Belgique aurait été dotée d'une des œuvres techniques les plus remarquables de l'Europe. »

Nous comprenons l'enthousiasme du physicien, heureux à la pensée de voir réalisée une des plus belles applications de la science. Mais les ingénieurs, obligés de tenir compte sans cesse de toute la distance qui sépare l'idée théorique de sa réalisation, considèrent encore les ascenseurs hydrauliques comme des appareils d'un emploi qui n'est pas absolument et toujours certain. Aussi, la construction d'un tunnel à grande section à côté de celui à petite section déjà existant offrait-elle une solution plus sûre, pour traverser la crête de partage entre la Senne et la Sambre, que l'établissement d'ascenseurs hydrauliques. Jusqu'ici d'ailleurs, la construction très avancée de ce nouveau souterrain n'a donné lieu à aucun mécompte.

A Anderton, la jonction entre la rivière Weaver et le canal de Trent-Mersey à l'aide d'un ascenseur hydraulique s'imposait (1). La différence de hauteur à racheter dépassait 15^m, et le canal, plusieurs kilomètres durant, longe de très près la rivière, au point qu'il eût été difficile d'établir la cascade d'écluses nécessaire. Celle-ci eût consommé une grande quantité d'eau. Il est à noter d'ailleurs qu'à Anderton les seuls bateaux à élever de la rivière dans le canal, ou à abaisser de celui-ci dans la rivière, jaugent, les plus petits de 30 à 40 tonnes, et les plus grands de 80 à 100 tonnes.

Les bateaux de la belle voie navigable qui sera ouverte entre Charleroi et Mons, quand le canal de Charleroi et ses embranchements seront élargis depuis la Sambre jusqu'aux environs de la Louvière, et quand le canal du Centre entre ce dernier point et Mons sera construit, pourront jauger 300 tonnes. Raison de plus pour ne se hasarder à recourir aux ascenseurs que là où il serait difficile de les éviter.

Il n'existe point encore d'exemple d'appareil de ce genre fonctionnant pour la manœuvre de bateaux atteignant cette grandeur et ce poids.

En France, il est vrai, aux Fontinettes, sur le canal de Neuffossé, on est occupé à établir un ascenseur hydraulique, dont les dimensions

(1) *Tydschrift van het koninglyk instituut van ingenieurs.* — 1881-1882 pp. 101-105.

se rapprochent beaucoup de celles qui conviendraient aux ascenseurs projetés en Belgique sur le canal du Centre. Mais l'appareil n'est pas achevé et, s'il venait à faillir dans l'usage, il serait toujours pourvu aux nécessités de la navigation, à l'aide de la chaîne d'écluses existant pour racheter la chute totale de $13^{m}13$. L'ascenseur des Fontinettes n'aura d'autre emploi que de suppléer ces écluses qui ne suffisent plus à une circulation trop active.

Sur le canal du Centre, les ascenseurs projetés feraient partie intégrante et nécessaire de la voie navigable.

Celle-ci se développe dans la vallée de la Haine sur une longueur de près de 13 kilomètres : et y franchit une hauteur totale de $19^{m}06$ à l'aide de cinq écluses. Le canal, pénétrant ensuite dans la vallée du Thiriau, doit y racheter, sur une longueur d'environ 8 kilomètres seulement, une hauteur de 69^{m}. Il y faudrait donc 28 écluses de $2^{m}50$ de chute ou 17 écluses de 4^{m} de chute.

Admettant qu'il faille environ 15 minutes pour franchir chacune de ces dernières, de même que les ascenseurs, on peut résumer comme suit les avantages invoqués en faveur de l'établissement de quatre ascenseurs au lieu de 17 écluses dans la vallée du Thiriau.

1° L'alimentation journalière de cette section de canal n'exigerait au maximum que 9000 mètres cubes environ, au lieu des 38 000 mètres cubes qui résulteraient du passage de 20 bateaux seulement dans chaque direction par des écluses de 4^{m} de chute.

2° Les biefs séparant les écluses auraient chacun à peine une longueur de 500^{m}. Ceux compris entre les ascenseurs auraient moyennement plus de 2500^{m} chacun. Les derniers, beaucoup plus longs que les premiers, seraient parcourus plus rapidement, parce que l'effort de traction employé y trouverait de quoi se développer pour donner au bateau l'allure normale, et parce que les pertes de temps correspondant aux extrémités des biefs y seraient diminuées proportionnellement au nombre de ceux-ci.

3° Chaque ascenseur, fondé sur le principe de la balance hydraulique, comprenant deux sas alternativement montant et descendant, peut pourvoir en même temps au passage de deux bateaux au lieu d'un, de sorte que la circulation sur le canal pourrait être doublée, avec ce système.

Mais il est à noter que les ascenseurs du canal du Centre ne seraient point suppléés, le cas échéant, par des chaînes d'écluses comme aux Fontinettes ; ils auraient un emploi plus important encore qu'à Anderton, où l'appareil-type, venant à manquer, suspendrait une

communication très utile entre deux voies navigables, sans interrompre celles-ci.

De plus, chacun des ascenseurs du Centre, à supposer qu'ils soient au nombre de quatre, franchirait une hauteur plus élevée que celle rencontrée à Anderton et aux Fontinettes. Ils manœuvreraient des poids supérieurs à ceux qui ont été soulevés de cette manière jusqu'à présent.

Enfin, chaque appareil de ce genre coûte plus d'un million pour la construction et, d'après les renseignements fournis au gouvernement français par M. l'ingénieur Duer, il occasionnerait une dépense annuelle d'exploitation de 13 000 francs.

On comprend, dès lors, que les ingénieurs du corps des ponts et chaussées de la Belgique procèdent avec des soins minutieux et avec la plus grande circonspection à l'examen du projet complet d'ascenseur que le gouvernement belge a demandé à MM. Clark, Standfield et Clark, de Londres.

Les questions nombreuses et complexes que comporte l'emploi des ascenseurs hydrauliques sont, en ce moment, à l'ordre du jour en plus d'un pays.

En Allemagne, des appareils de ce genre sont projetés sur les canaux à l'étude. En France, des essais, dont l'un n'a pas réussi, ont été faits à l'usine de Terre-Noire, sur des pièces destinées à l'ascenseur des Fontinettes.

Dans un mémoire très complet (1) que M. Seyrig vient de publier, cet ingénieur, tout en faisant la critique approfondie de l'ascenseur d'Anderton, examine les conditions qui, à son avis, doivent être réunies dans un ascenseur pour que cet appareil réponde à tous les *desiderata* que réclament la sécurité et un bon fonctionnement.

Ces conditions sont les suivantes :

1° Un sas ne doit pas être supporté en un point unique comme à Anderton. Plusieurs points de support doivent exister de telle façon qu'il puisse toujours être suppléé à l'un d'eux en cas d'avaries.

2° Les pressions considérables existant en général dans les presses devraient être réduites.

3° L'emploi de la fonte travaillant à la tension ne peut qu'être absolument proscrit.

4° Il importe que les parties guidées aient une hauteur aussi grande que possible dans le sens du mouvement.

(1) *Mémoires de la Société des ingénieurs civils de Paris. — La Houille*, 13 janv. 1884 et passim.

5° Il convient que le sas puisse être arrêté en des points variables, de manière qu'il suive les variations de niveau accidentelles des deux biefs d'amont et d'aval.

6° Chacun des deux sas accouplés devrait pouvoir fonctionner indépendamment de l'autre, afin d'empêcher, en cas d'avaries, le chômage du canal entier.

Cette indépendance devrait, autant que possible, être permanente sur les canaux à fort trafic.

La conséquence d'une pareille combinaison serait l'emploi d'appareils à un seul sas sur les canaux à faible trafic.

Afin d'abréger, nous nous bornerons à indiquer ici la disposition réellement nouvelle que M. Seyrig propose pour satisfaire à ces conditions.

Le sas mobile, au lieu d'être supporté par un piston central unique, comme à Anderton, ou par plusieurs pistons suivant une disposition qui a été proposée, mais que les ingénieurs belges ont, avec raison, trouvée défectueuse, serait soutenu à l'aide de quatre tours en charpente métallique, placées symétriquement autour de l'axe vertical du sas. Ces tours reposeraient chacune sur un grand flotteur, de forme cylindro-conique, se mouvant verticalement dans un puits rempli d'eau, où le flotteur resterait ordinairement immergé.

L'ensemble du poids de l'appareil ainsi constitué serait constamment en équilibre avec un léger excédent de charge sur la poussée de l'eau.

Cet excédent suffirait pour provoquer le mouvement de descente. On n'aurait qu'à le vaincre pour obtenir le mouvement ascensionnel.

L'effort moteur, nécessaire à cette dernière fin, serait produit à l'aide d'un piston adapté au centre de figure de l'appareil, et ayant un diamètre de 1,15 mètre. Il manœuvrerait dans un corps de presse supportant 5 à 6 atmosphères au lieu de la pression d'une trentaine d'atmosphères qui régnera dans les presses de l'ascenseur du Centre.

A côté des réservoirs compensateurs servant à augmenter ou à diminuer la charge d'un sas pour provoquer et régler son mouvement descendant ou ascendant, il y a, à Anderton, l'accumulateur qui aide, notamment à la manœuvre d'un sas, quand, descendu au niveau de la Weaver, il perd une partie de son poids égal à celui de l'eau déplacée dans cette rivière.

A la Louvière, les accumulateurs ont un autre rôle : le sas descend au niveau du bief d'aval non plus en plongeant dans les eaux de ce dernier, mais en s'abaissant simplement dans une sorte de cale

sèche, construite à l'origine dudit bief. Les accumulateurs récupérateurs des ascenseurs du Centre seront appelés à suppléer, dans la balance hydraulique, celui des deux sas qu'il sera inutile ou, en cas d'accident, impossible de manœuvrer.

Dans le projet de M. Seyrig aucun accumulateur ne serait nécessaire. La pression nécessaire de 5 à 6 atmosphères s'obtiendrait à l'aide de simples réservoirs placés à la hauteur voulue pour procurer la charge suffisante.

Suivant l'opinion de M. Seyrig, le guidage de son appareil serait complet, puisque non seulement il s'appliquerait au sas et aux tours, mais encore s'étendrait à chaque flotteur dont la base serait garnie de galets directeurs.

Pour satisfaire aux conditions 2° et 3° ci-dessus dans la mesure du possible, les ingénieurs belges ont proposé de garnir les corps de presse en fonte du système Clark, soit avec des frettes en fer ou en acier, soit avec une armure en fil d'acier, avec ou sans barres verticales, les dimensions de la presse étant, bien entendu, calculées indépendamment du surcroît de résistance que procurerait la garniture.

Ils ont aussi signalé à l'inventeur la nécessité absolue de prendre ses mesures pour que la résistance des presses soit suffisante au droit des boîtes à bourrage, où se rencontre précisément la section de plus grande fatigue quand le piston est au haut de sa course.

Les réservoirs compensateurs et les accumulateurs récupérateurs de Clark semblent avoir résolu simplement les questions complexes que soulèvent les conditions 5° et 6°.

Nous ne voyons guère, en dehors de ce qui regarde le guidage (1re et 4e conditions), les avantages du système Seyrig.

Nous y voyons un désavantage considérable dans le cas d'appareils ayant les dimensions des ascenseurs projetés sur le canal du Centre.

Les quatre grands flotteurs, comprenant ensemble une charge de un million de kilogrammes environ, auraient à déplacer chacun un volume de 250 mètres cubes d'eau.

D'autre part, le sas ayant une quarantaine de mètres de longueur sur une largeur intérieure de 5^m80 à 6^m, les puits pour les flotteurs seraient ou trop larges et trop rapprochés ou très profonds.

Les terrassements et les maçonneries en deviendraient beaucoup plus compliqués et plus coûteux.

CH. LAGASSE.

NOTES

Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris; tome XCVIII, janvier, février, mars 1884.

N° 1. **Thollon** : Le spectre de la comète Pons-Brooks ressemble à celui de toutes les comètes observées jusqu'à ce jour. Il se compose de trois bandes identiques à celles que donnent les composés du carbone. Mais ces bandes ont un éclat et une netteté extraordinaire, tandis que le spectre du noyau est extrêmement faible. Il faut conclure de là que l'élément gazeux domine dans la constitution de cet astre. **Landouzy** et **Dejerine** : L'atrophie musculaire progressive myopathique de l'enfance doit, en dépit de grandes analogies cliniques, se distinguer de l'atrophie musculaire progressive myélopathique de l'adulte, type Aran-Duchenne, non seulement parce qu'elle débute toujours par la face, mais aussi parce que le système nerveux ne joue aucun rôle dans la pathogénie de cette myopathie. **Gibier** : L'expérience prouve que l'ail et la pilocarpine, même administrés à doses quasi-toxiques, ne peuvent être employés efficacement pour combattre la rage.

N° 2. **Berthelot** : La loi des constantes thermiques de substitution de M. Tommasi est, au fond, très ancienne et identique à la loi d'Andrews et à celle de Favre et Silbermann ; elle est grossièrement approximative en comparaison des résultats donnés par la thermochimie. (Voir aussi n° 7.) **P. Bert** fait connaître une méthode d'anesthésie par l'emploi d'un mélange titré de chloroforme et d'air, environ huit grammes de chloroforme dans cent litres d'air, qui a été expérimentée

dans un hôpital de Paris. Voici, suivant lui, les avantages de cette méthode (sur celle où l'on emploie une simple compresse, que l'on imbibe plus ou moins de chloroforme et que l'on rapproche peu à peu du nez du patient, au risque de lui faire inhaler des quantités dangereuses de l'anesthésique) : le mélange titré n'est pas désagréable à respirer, par suite, la phase de répulsion est complètement supprimée ; la période d'excitation, de délire, a toujours été faible, même chez les alcooliques, parfois nulle, même chez les adultes. L'insensibilité absolue et régulière est obtenue en six ou huit minutes, le sommeil est calme, la circulation, la respiration, la température sont normales ; pas de nausées, aspect normal et tout à fait tranquillisant du malade qui dort. Après qu'on a retiré l'appareil, on a une anesthésie consécutive constante et très prolongée qui permet les opérations à la face. Le réveil est calme, le malade est dans un état de bien-être consécutif ; il a rarement quelques nausées très faibles. Les vapeurs que respire le malade étant très diluées, leur proportion dans l'air ambiant est très faible et ne peut gêner l'opérateur. La dépense en chloroforme est réduite au minimum. L'appareil encore un peu encombrant pourra être réduit et rendu automatique dans un avenir prochain. **Gosselin** (n° 3) : L'appareil de M. P. Bert est trop encombrant et n'est pas pratique même dans les hôpitaux pour les malades à opérer dans leur lit ; son procédé est inférieur au procédé usuel, parce qu'il donne d'emblée une dose uniforme, trop forte pour le début des inhalations. C'est, en effet, au commencement de l'inhalation, qu'il faut donner progressivement le chloroforme, par intermittences, pour y habituer le malade et éviter les accidents qui se produisent toujours dans cette première période. On ne doit arriver aux doses assez fortes, qu'après avoir obtenu, par des inhalations plus faibles et progressivement augmentées, cette tolérance qu'il faut chercher avant tout et qu'on trouve chez tous les sujets, très vite chez les impressionnables, plus lentement chez les réfractaires. La méthode de M. P. Bert ne vaut pas l'ancienne sous ce rapport, mais ces expériences prouvent qu'il suffit de faibles quantités de chloroforme pour produire l'anesthésie. **P. Bert** : L'appareil pourra être simplifié. La méthode usuelle par la compresse n'est pas toujours employée avec la prudence recommandée par M. Gosselin. Le système des intermittences peut facilement s'appliquer à la méthode nouvelle des mélanges titrés. **Richet** (n° 4) a constaté à l'hôpital où l'on emploie la méthode de M. P. Bert que la période de répulsion et d'excitation peut être aussi peu calme, quand on emploie le mélange titré, qu'avec la compresse ; qu'il peut aussi y

avoir de violentes nausées consécutives. La méthode habituelle, entre des mains habiles, ne donne pas lieu à plus d'une mort par dix mille opérations, et encore souvent la peur, la douleur, une sorte de sidération morale sont-elles la vraie cause de ces accidents. La méthode des mélanges titrés (à dose plus faible que chez P. Bert) est d'ailleurs ancienne : Clover avait imaginé, en 1862, un appareil analogue à celui de P. Bert ; il a disparu de la pratique à cause d'accidents auxquels il semble avoir donné lieu. **P. Bert** (n° 5). Le nombre de cas de mort survenus pendant la chloroformisation est plus considérable que ne le dit M. Richet ; on n'avoue pas tous les cas. D'ailleurs la méthode usuelle n'est jamais employée sans inquiétude par les plus habiles chirurgiens, et ils ont raison, car étant donné le faible écart qui existe entre la dose efficace pour produire l'anesthésie (quatre centigrammes par inspiration) et la dose très dangereuse (huit centigrammes), il est très facile sans le vouloir de passer de l'une à l'autre. Tous les accidents provenant d'un afflux trop considérable de chloroforme, l'asphyxie, l'empoisonnement sont évidemment supprimés par la méthode des mélanges titrés, qui d'ailleurs se prête à toutes les précautions de la méthode habituelle. P. Bert fait remarquer en passant que c'est Flourens qui a le premier, en 1847, trouvé les propriétés du chloroforme, en opérant sur des animaux : la même année, mais plus tard, Simpson l'appliqua à lui-même, et c'est lui qui le fit entrer dans la pratique chirurgicale. **Ledieu** expose un essai de démonstration rigoureusement mécanique de la formule de Joule, $w = eiT$. (w, travail produit par un courant électrique d'intensité i, pendant le temps T, e étant la force électromotrice). **Chaper** a trouvé, dans le Naizam (Indoustan), le diamant *in situ*, dans une pegmatite à orthose rose, fortement chargée d'épidote et contenant également de l'oligoclase et du microline. **St. Meunier** (n° 6). On trouve aussi la pegmatite dans les sables diamantifères du Cap.

N° 3. **Laguerre** : Quand x varie de y à z, z étant plus grand que y et y positif, $a + bx + cxx + dxxx$ est compris entre la plus grande et la plus petite des quantités

$$a + by + cyy + dyyy, \quad a + bz + cyz + dyyz,$$
$$a + bz + czz + dyzz, \quad a + bz + czz + dzzz;$$

et le nombre des racines de $a + bx + \text{etc.} = 0$ comprises entre y et z est au plus égal au nombre des variations que présente la suite précédente. Ce théorème s'étend à un polynôme entier quelconque. **Nordenskiöld** : Il y a eu en décembre, en Suède, des chutes de poussières cosmiques, qui peut-être sont pour quelque chose dans les remarquables effets d'optique qu'ont présentés les couchers et les

levers du soleil. **Bouty** : La conductibilité électrique des dissolutions salines, assez étendues pour que leur densité et leur viscosité se confondent avec celle de l'eau pure, est la même pour un grand nombre de sels neutres, quand ces dissolutions contiennent, sous le même volume, un équivalent de chacun de ces sels. De plus (n° 6), elle croît proportionnellement à l'élévation de la température, et de même pour tous les sels neutres. **Berthelot** (aussi n° 5) fait remarquer, à ce propos, que la plupart des lois physiques où interviennent les masses relatives des corps ont une expression plus simple quand on les exprime en équivalents plutôt qu'en poids atomiques. N° 3 et n° 6. **Wurtz** : Pas du tout ; la forme la plus simple de la loi de Faraday s'obtient si l'on fait intervenir l'atomicité des éléments. **Baubigny** trouve, au moyen du sulfate de sesquioxyde de chrome, pour équivalent de celui-ci, Cr=26,116 si S=16,037. **Wroblewski** (voir aussi n° 5) a liquéfié par détente l'hydrogène refroidi par l'oxygène bouillant. **Gautrelet** a trouvé dans les dépôts produits dans l'eau d'un puits contaminé un microbe qu'il a appelé le *Stereogona tetrastoma*, et qui est peut-être le microbe du typhus. **Alluard** : Les observations faites au Puy-de-Dôme prouvent que l'atmosphère est souvent partagée en couches très nettement délimitées de densité et de température différentes. L'existence de couches semblables dans les hautes régions de l'atmosphère, où pourraient se produire, un peu avant le lever du soleil par suite de l'abaissement maximum de température et un peu après son coucher par une raison analogue, des particules très minces et très disséminées d'eau glacée, suffit pour expliquer partiellement les aurores et les crépuscules exceptionnels des derniers mois de l'an dernier. **Angot** : Kaemtz a depuis longtemps signalé l'existence, en 1831, d'aurores et de crépuscules semblables, et en a donné une explication analogue à celle de M. Alluard.

N° 4. **A. Cornu**, en étudiant d'une manière nouvelle le groupe de raies telluriques nommées α par Angström, est parvenu à y distinguer nettement les raies d'origine solaire des autres, qui sont dues, dans les cas d'une atmosphère sèche, à l'absorption par l'oxygène de l'air. **Wolf, Renou, Marié-Davy, M. Baillaud** (n° 6), **Foerster** (n° 7) ont constaté qu'il y a eu des oscillations barométriques produites par l'éruption du Krakatoa. L'onde atmosphérique causée par ce terrible phénomène a fait le tour de la terre, par les deux côtés, avec une vitesse analogue à celle du son. **Faye** : On explique assez bien les ressemblances et les dissemblances de la courbe qui donne aux diverses époques le nombre des taches solaires avec celle qui représente les

oscillations de la boussole, en admettant qu'il y ait dans leurs périodes une différence d'un mois environ. **De Saint-Martin** : Conformément aux résultats trouvés par Lavoisier et Seguin, Regnault et Reiset, et contrairement aux conclusions de P. Bert, de nouvelles expériences prouvent que les phénomènes chimiques de la respiration ne subissent aucun changement appréciable par le fait de la suroxygénation de l'atmosphère dans laquelle ils s'accomplissent. **Le Goarant de Trommelin** : L'électricité atmosphérique est produite principalement par le frottement de l'air sec ou humide contre la surface des terres ou des mers ; si un nuage se condense, il y a une augmentation de potentiel ; si elle est suffisante, elle se décharge sous forme d'éclairs ; les éclairs de chaleur sont produits par de petites décharges électriques entre vésicules d'eau, produites par la condensation qui a lieu au coucher du soleil et trop petites pour garder de l'électricité.

N° 5. **Hirn** pense que les matières illuminées par les rayons solaires et produisant les lueurs crépusculaires se trouvaient, du moins en grande partie, en dehors de l'atmosphère terrestre et, en tout cas, à une hauteur où on n'a jamais observé, ni cirrus, ni vapeur d'eau. **De Gasparin** : Dans le midi, on a pu observer ces lueurs, pendant soixante-six jours, du 19 septembre 1883 au 23 janvier suivant. L'illumination commençait quinze minutes après le coucher du soleil et était suffisante pour qu'on pût lire facilement ; elle passe du jaune doré au jaune, à l'orange rosé, au rouge de sang, et disparaît après avoir duré vingt-cinq minutes. **Tissandier, Perrotin** et (n° 8) **Witz** : Les crépuscules extraordinaires de 1831 signalés par Kaemtz ont été précédés aussi de grandes éruptions volcaniques. **Wosnessenski** : L'oxygène, qui, sous forte pression, est, comme l'a montré P. Bert, un poison mortel pour le *Bacillus anthracis*, n'en diminue pas progressivement la vitalité lorsqu'on l'emploie sous des pressions croissantes.

N° 6. **Hirn** a imaginé un actinomètre totalisateur absolu, composé essentiellement d'un alambic dont la cucurbite est exposée au soleil, tandis que le serpentin et le récepteur du liquide à distiller sont à l'ombre mais à l'air libre. Ce liquide est du sulfure de carbone qui est seul avec sa vapeur dans l'alambic. Quand le soleil frappe la cucurbite, comme la tension de la vapeur saturée est toujours celle de la partie la plus froide de l'alambic, la chaleur absorbée par les parois, au lieu d'échauffer le liquide le fera bouillir à la tension qui répond à la température du serpentin et du récepteur. La surface de ceux-ci étant assez grande, ils perdront rapidement dans l'air ambiant la chaleur apportée ; la température deviendra stationnaire et la quantité de cha-

leur reçue dans l'unité de temps par la cucurbite sera presque rigoureusement proportionnelle à la quantité de liquide condensée pendant l'unité de temps aussi. **Dehérain** : Les hautes températures observées dans le fumier de ferme sont dues à une oxydation de la matière organique par l'oxygène libre ; cette opération n'est provoquée que partiellement par un ferment figuré ; le dégagement de formène observé dans le fumier privé d'oxygène est dû exclusivement à l'action d'un ferment figuré. **Gayon** (n° 8) est arrivé antérieurement à des résultats analogues.

N° 7. **Berthelot** et **Guntz** ayant étudié les déplacements réciproques de l'acide fluorhydrique et des autres acides, chlorhydrique, azotique, sulfurique, acétique et cyanhydrique, l'expérience a confirmé les prévisions de la théorie. En particulier, l'acide cyanhydrique est déplacé par l'acide fluorhydrique quand on le fait agir sur du cyanure de potassium solide, et il y a formation de fluorhydrate de fluorure (KF, HF); mais il en est de même quand on fait agir l'acide cyanhydrique sur le fluorure de potassium, ce qui est plus inattendu. Cela provient de ce que, dans tous les cas, le maximum thermique correspond à la formation de KF, HF (voir aussi n° 8). **Faye** : Luvini a retrouvé dans les œuvres de Franklin les faits incomplètement analysés qui ont donné lieu à la théorie qui admet dans les trombes des tourbillons ascendants. **M. Duval** : Les oiseaux possèdent dans leur vie embryonnaire un organe placentoïde dont les villosités, au lieu de pénétrer dans le terrain maternel pour y puiser les sucs nutritifs, ainsi que cela a lieu chez les Mammifères, plongent dans l'albumine que les organes de la mère ont déposée, comme provision nutritive, dans l'espace que circonscrit la coquille de l'œuf. **Dupont** : Les calcaires dévoniens de la Belgique sont constitués par des coraux, tantôt agglomérés, tantôt à l'état de débris triturés, absolument comme les calcaires actuels provenant des îles coralliennes de la mer du sud ; la disposition en îlots de ces calcaires parmi les autres terrains conduit aux mêmes conclusions. Les calcaires carbonifères de Belgique se classent en calcaires construits et en calcaires sédimentaires. Les calcaires massifs sont des récifs édifiés suivant les lois qui règlent la formation des roches produites par les coraux constructeurs ; les calcaires stratifiés sont de véritables dépôts, qui ont joué, vis-à-vis des précédents, principalement le rôle de matières terreuses auxquelles est dû l'envasement des récifs dévoniens. L'origine corallienne des calcaires massifs révèle aussi la cause de leurs nombreuses lacunes stratigraphiques à distance de la côte, parce que les coraux ne peuvent travailler en eau

profonde. En résumé, comme on le voit, la formation des roches marines d'origine organique peut être expliquée aux époques primaires par les causes actuelles. [Le rôle des coraux dans la formation des roches primaires de Belgique a été aussi signalé par M. Dewalque, de Liège, avant M. Dupont, d'après M. Dewalque.]

N° 8. **Pasteur, Chamberland** et **Roux** ont obtenu un grand nombre de résultats relatifs à la rage. Ils n'ont pu constater d'atténuation du virus rabique par le froid, ni de passage de ce virus de la mère au fœtus. Ils n'ont pu cultiver le virus rabique et ne sont pas sûrs que les granulations spéciales des cerveaux rabiques soient bien le microbe rabique ; ils parviennent difficilement à les isoler. L'absorption du virus rabique peut se faire par le système sanguin, mais dans les cas de rage, le vrai siège du virus est dans l'encéphale, la moelle et les nerfs. On peut modifier la virulence du virus rabique en le faisant passer par divers animaux, et on peut très probablement rendre les chiens réfractaires à la rage. **Müntz** et **Aubin** : La détermination de la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air est très importante, parce que les résultats acquis permettront d'étudier, à des intervalles de temps considérables, si des variations se produisent dans la proportion de ce gaz et si, par suite, les conditions d'existence des êtres vivants se trouvent modifiées sous ce rapport, dans la suite des temps. D'après les recherches de Schloesing, c'est la mer qui est le grand réservoir d'acide carbonique, et la tension de ce gaz dans l'air fait équilibre à sa tension dans l'eau. La mission du cap Horn a pu étudier l'influence du voisinage des grandes mers froides antarctiques sur la proportion d'acide carbonique de l'air et vérifier la théorie de Schloesing : tandis que dans l'hémisphère nord on trouve 284 millionièmes d'acide carbonique dans l'air et toujours plus la nuit que le jour, par l'influence de la végétation, au cap Horn, le Dr Hyades n'en a trouvé que 256, et la nuit avait une influence nulle, ou plutôt masquée par celle de l'abaissement de température. **Bœuf** : Les lueurs roses crépusculaires ont été observées aussi à Buenos-Ayres. **Gibier** : Les oiseaux peuvent contracter la rage et guérir spontanément, sans doute à raison de l'insensibilité relative de leur système cérébro-spinal.

N° 9. **Darboux** est élu membre de la section de géométrie, en remplacement de Puiseux. **Grandidier.** L'île de Madagascar est bien le Menuthias de Ptolémée ; elle n'est pas coupée en deux, par le milieu, comme on la représente souvent, par une chaîne de montagnes allant du nord au sud, ni couverte de forêts ; elle n'a pas de plateau central.

En réalité, la partie orientale est très montagneuse et assez élévée ; la partie occidentale est plate avec deux petites chaînes de montagnes allant du nord au sud ; une ceinture de forêts peu profondes entoure l'île, mais il y a peu d'arbres à l'intérieur, sauf près de la crête de partage des eaux, laquelle est plus à l'orient qu'à l'occident. **Dieulafait** a constaté que, conformément à ses vues sur la présence du manganèse dans les eaux de la mer, ce métal se trouve à l'état de diffusion complète dans les marbres bleus de Carrare, de Paros et des Pyrénées, comme dans les échantillons de craie empruntés à divers dépôts de la période secondaire. Le manganèse des craies et des marbres provient des roches primordiales, mais par deux procédés différents (voir aussi n° 10). **Chapel** : Les transformations de la comète Pons-Brooks, signalées par divers observateurs, coïncident, comme cela a eu lieu antérieurement pour d'autres comètes, avec le passage de celle-ci au milieu de courants de matières cosmiques.

N° 10. **Tacchini** a constaté aussi des oscillations barométriques produites par l'éruption du Krakatoa. **Dufour** : Les lueurs crépusculaires et aurorales de l'hiver 1883-1884 sont probablement dues à l'éruption du Krakatoa, non à un phénomène atmosphérique tel que le passage de la terre dans la queue d'une comète, ou une effervescence extraordinaire du soleil lui-même ; car, dans ce cas, tous les points du globe les auraient aperçues le même jour, tandis qu'on a les vues d'abord aux îles Sandwich et en Amérique, puis en Europe, et plus tard en Suisse qu'en Angleterre. Les poussières et les gaz lancés par le Krakatoa, ont passé probablement par le Pacifique, l'Amérique et l'océan Atlantique, ce qui s'explique par la rotation de la terre. Des phénomènes analogues en 1831 et en 1783 se sont aussi produits après de grandes éruptions volcaniques. **Soret** et **Sarasin** pensent avoir trouvé une bande d'absorption de l'eau, absolument caractéristique, correspondant à peu près à la longueur d'onde 600.

N° 11. **Owen**, qui a trouvé, parmi les reptiles du trias de l'Afrique australe, certains de ces animaux qui avaient quelque tendance vers le type mammifère, a pu étudier une grande partie du crâne d'un mammifère trouvé dans le trias, le *Tritylodon longævus*, si différent de tous les autres animaux connus qu'il ne saurait jeter aucune lumière sur les parentés des anciens mammifères. **Trouvelot** a observé des ombres portées par des facules sur la pénombre de certaines taches solaires. La lumière de ces facules est probablement toute à l'extérieur ; peut-être l'atmosphère coronale est-elle nécessaire à sa production. Les facules qui s'enfoncent sous la photosphère y perdent leur

éclat, ce qui s'accorde avec la conjecture précédente. La lumière du soleil est peut-être dans le même cas que celle des facules. **Couty** : Tous les mouvements ont leur mécanisme et leur siège dans le bulbe et la moelle. L'incitation primitive seule peut être variable, cérébrale ou périphérique ; mais les lésions et les excitations corticales agissent sur les muscles, comme les excitations périphériques, par l'intermédiaire de la moelle. Les mouvements de la vie de relation ne sont pas séparés par leur origine anatomique apparente, cérébrale ou médullaire ; ils sont distingués par la complexité plus ou moins grande de leur mécanisme physiologique. **Atwater** : Le maïs semble s'accommoder faiblement de l'azote des engrais, et possède à un très haut degré le pouvoir de s'emparer de l'azote des sources naturelles. C'est plutôt l'inverse pour la pomme de terre et l'avoine.

N° 12. **Berthelot et Vieille** : La mesure des pressions développées par un même système gazeux, pris sous deux états initiaux de densité distincte, et auquel on communique une même quantité de chaleur, est fort importante pour la thermodynamique. Si les pressions variaient dans le même rapport que les densités, on serait autorisé à en conclure, indépendamment de toute hypothèse spéciale sur les lois des gaz : 1° que la chaleur spécifique du système est indépendante de sa densité, c'est-à-dire de la pression initiale, et dépend seulement de la température absolue, quelle que soit la définition de celle-ci ; 2° que la variation relative des pressions à volume constant, produite par l'introduction d'une quantité de chaleur déterminée, est aussi indépendante de la pression et fonction de la température absolue. Enfin la pression même variera proportionnellement à la température absolue, définie cette fois par la théorie des gaz parfaits, et elle pourra servir à la déterminer. Les expériences sur des mélanges gazeux isomères ont permis de vérifier ces conclusions d'une manière approximative, même pour les plus hautes températures connues, 3 à 4 mille degrés. **Perrotin et Lockyer** ont pu récemment observer très bien Saturne et Uranus. L'anneau extérieur de Saturne semble avoir subi un changement : il est apparu subdivisé en trois anneaux d'égale largeur à peu près, concentriques à l'anneau, et des stries dans chacun des trois anneaux y faisaient soupçonner des divisions nombreuses. Uranus est plus semblable à Mars qu'à Jupiter : vers le milieu, on voit des taches sombres ; vers l'un des bords, une tache blanche, rappelant les phénomènes semblables dans Mars. **Trouvelot** : Les taches polaires de Vénus semblent de hautes montagnes qui s'élèvent au-dessus de l'enveloppe nuageuse, presque toujours opaque, qui couvre cette planète. **Regnard** : En portant aux hautes pressions, obte-

nues avec de l'eau et correspondant à celles du fond de l'Océan, des ferments, des plantes, des infusoires, des mollusques, des annélides, des crustacés, nous les avons vus tomber dans un état de sommeil, de vie latente, dont ils pouvaient encore sortir plus ou moins vite quand la pression avait cessé. Chez les poissons, animaux à phénomènes vitaux plus actifs, à 300 atmosphères, nous avons eu non seulement le sommeil, mais la mort. A 400 atmosphères, les poissons deviennent rigides par une raison inconnue, et ils se putréfient même sans perdre leur rigidité. Ces faits expliquent pourquoi on ne voit guère de poissons à plus de 2000 mètres de profondeur. Des causes inverses sans doute tuent les animaux qu'on ramène des grandes profondeurs de l'Océan à la surface. **R. Pictet** et **Yung** ont soumis certains microbes à un froid de soixante-dix degrés sous zéro, pendant cent huit heures, et même de cent trente degrés, pendant vingt heures, sans les détruire. **Couty** vient d'établir de nouveau, par des expériences plus simples que celles qu'il a faites antérieurement, que la paralysie produite par une lésion cérébrale est bien une paralysie médullaire, malgré son origine apparente : les lésions du cerveau agissent à distance sur le côté opposé de la moelle pour y déterminer un état de paralysie fonctionnelle analogue à celui que produirait une lésion directe. Le cerveau n'est pas directement moteur : son influence sur les muscles s'exerce par l'intermédiaire du bulbe et de la moelle. **Carlet** : Les muscles de l'abdomen de l'abeille qui servent à la respiration sont plus nombreux qu'on ne le croyait, et cet insecte peut se contracter ou se dilater suivant ses trois diamètres.

N° 13. **Faye** : Les comètes ne sont pas indifféremment rétrogrades ou directes. Cela n'est vrai que pour celles qui ont une forte inclinaison sur l'écliptique, de 60 à 90 degrés ; parmi celles qui ont une faible inclinaison de zéro à 20 degrés, il y a prédominance des comètes directes. Ce fait s'explique mieux en supposant à la nébuleuse primitive un faible mouvement tourbillonnaire direct qu'en la supposant immobile à l'origine et hétérogène à un certain degré. **Berthelot** et **Vieille** : Les physiciens ont établi par leurs expériences, faites entre zéro et 200 degrés, la presque identité des dilatations, des compressibilités et des chaleurs spécifiques pour les principaux gaz simples, tels que l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, et ils ont étendu ces relations aux gaz composés formés sans condensation, tels que l'oxyde de carbone et l'acide chlorhydrique. Ces relations ont servi à établir la théorie cinétique des gaz, et constituent la seule base solide pour l'hypothèse d'Avogadro et d'Ampère. Les expériences sur les mélanges détonants

prouvent que les relations précédentes subsistent aux hautes températures, et que la chaleur spécifique va en croissant avec la température. Le chlore, le brome, l'iode aux basses températures se comportent autrement que les éléments cités plus haut ; ils ont une chaleur spécifique moléculaire plus grande. Ils se comportent comme les gaz composés formés avec contraction d'un tiers (vapeur d'eau, protoxyde d'azote, acide carbonique). Le chlore se comporte encore de cette manière aux hautes températures, comme l'ozone le ferait s'il était stable. **P. Bert** : Le sucre de lait est produit par l'excrétion mammaire du sucre fabriqué en excès par l'organisme après la parturition. **Gaudry** a trouvé dans le bassin de Paris un Sirénien nouveau (*Halitherium Chouqueti*), dont les côtes, longues seulement de 43 centimètres, aussi épaisses que larges, avaient 20 centimètres de tour en leur milieu ; de sorte que cet animal devait avoir une cage thoracique d'une épaisseur énorme, blindée pour ainsi dire. **Gernez** : La transformation du soufre octaédrique en soufre prismatique se fait non sous l'influence de la chaleur seule (un peu en dessous de cent degrés), mais à cause de la présence de parcelles de soufre prismatique. **Richet** : L'excitation traumatique du cerveau peut provoquer le phénomène essentiel de la fièvre, c'est-à-dire l'hyperthermie. **Ch. Brongniart** : Il est probable que le Titanophasma Fayoli des terrains houillers de Commentry avait des ailes ; en tout cas, on y a trouvé une aile d'un Dictyoneura voisin qui a au moins trente centimètres de long. Ces insectes devaient avoir au minimum cinquante centimètres de long, et soixante-dix d'envergure.

P. M.

Mathematische und naturwissenschaftliche Mittheilungen aus den Sitzungsberichten der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1). Berlin, 1883, F. Dümmler.

Voici une indication sommaire des sujets traités dans ce volume, avec quelques notes empruntées aux articles qui semblent le plus susceptibles d'intéresser ceux qui tâchent de se tenir au courant des progrès généraux des sciences mathématiques, physiques et biologiques.

1. **C. Rammelsberg** : Sur les phosphates et les vanadates.

2. **E. du Bois-Reymond :** Darwin et Copernic. Le savant physiologiste de Berlin essaie de comparer Copernic, dont le système mettait la terre à sa vraie place dans le système solaire, et Darwin qui, d'après lui, a mis aussi l'homme à sa place dans le monde organique, par son transformisme étendu jusqu'à l'homme. La tâche de Darwin toutefois était plus facile que celle de Copernic, parce que les progrès des sciences biologiques avaient préparé le terrain, ainsi que la découverte de l'homme préhistorique et la théorie des causes actuelles de Lyell, en géologie. [L'idée que se fait M. du Bois-Reymond du rôle de Copernic est superficielle et inexacte. Copernic expose, dans son livre, une hypothèse plus simple, subjectivement parlant, que celle de Ptolémée, mais au fond identique et comme elle inattaquable au point de vue des faits quand on se contente d'une première approximation dans le calcul du mouvement des planètes. Dans l'œuvre de Darwin, il y a à distinguer de même les faits et les vues subjectives. Dans l'*Origine des espèces* et dans ses autres ouvrages, Darwin coordonne un nombre immense de faits prouvant l'unité de plan de la nature vivante (au moins dans ses grandes subdivisions), dans le temps et dans l'espace, et l'influence très grande des milieux sur les formes végétales et animales. C'est le transformisme objectif. Darwin ajoute à ce transformisme : 1° Une conception subjective relative à la biologie proprement dite, celle de l'identité de la race et de l'espèce. Si l'on étend la doctrine des causes actuelles de Lyell et si l'on applique le calcul des probabilités à cette conception darwinienne, on trouve qu'elle est extrêmement improbable ; mais néanmoins, sur ce terrain, on ne peut pas prouver qu'elle ne soit pas vraie, au moins entre certaines limites, parce que la délimitation pratique des espèces est difficile, d'une manière générale. 2° Une absurdité au point de vue psychologique : la confusion de la raison humaine avec les facultés pseudopsychiques des animaux supérieurs. Cette confusion lui a fait admettre, dès la première édition de l'*Origine des espèces* la possibilité d'une origine animale pour l'homme. L'atrophie des facultés intellectuelles les plus élevées (l'observation interne et le raisonnement inductif et déductif rigoureux en usage chez les physiciens) produite par l'exercice exclusif de l'observation externe et de l'induction telle qu'on est forcé de la pratiquer en biologie, expliquent en grande partie le succès de cette partie du darwinisme.]

3. **M. Mendelsohn :** Sur les mouvements réflexes.

4. **W. Dames :** Sur la faune fossile tertiaire de l'île occidentale du lac Birket-el-Qurun, dans le Fayoum (Égypte). Cette faune tertiaire

(éocène ou oligocène) est extrêmement intéressante, parce qu'elle contient des espèces absolument nouvelles, ou nouvelles pour les terrains tertiaires de l'Afrique, et parmi les nouvelles il y en a qui sont très importantes, comme ancêtres ou précurseurs d'espèces vivantes de poissons.

5. **V. Heldreich :** Résultats d'un voyage botanique en Thessalie.

6. **W. Peters :** Sur deux genres nouveaux de Batraciens, trouvés à Madagascar.

7. **R. Lipschitz :** Détermination de surfaces jouissant de propriétés relatives à leur courbure et données d'avance (suite du n° 58 de 1882).

8, 12, 49. **K. Weierstrass :** Sur la théorie des fonctions elliptiques. On trouve, dans les *Œuvres* de Jacobi, publiées récemment, une théorie des fonctions elliptiques de module réel compris entre zéro et l'unité, fondée sur les fonctions *thêta* définies par leurs développements en séries trigonométriques. Pour pouvoir étendre cette théorie au cas où le module est quelconque, il faut démontrer que l'expression de la racine carrée du module, au moyen du quotient de deux séries procédant suivant les puissances de la quantité désignée par q dans cette théorie, permet de trouver une valeur de q, en fonction du module, quelle que soit la valeur de celui-ci. C'est ce que fait M. Weierstrass dans l'important mémoire cité ici, et même il établit les propriétés caractéristiques de q considéré comme fonction du module.

9. **G. Fritsch :** Sur les poissons électriques : contributions à l'embryologie de la torpille.

10. **Fr. Schmitz :** Sur la fécondation des Floridées.

11. **E. Reusch :** Sur une nouvelle surface de clivage dans le gypse.

13. **A. Auwers :** Punta Arenas, rapport sur l'expédition allemande pour observer le passage de Vénus.

14. **O. Finsch :** Notice sur sa mission dans les mers australiennes. Il a recueilli en trois ans 37 639 objets zoologiques.

15. **E. du Bois-Reymond** expose les principaux résultats de ses recherches, continuées pendant quarante ans, sur les phénomènes electromoteurs secondaires dans les muscles, les nerfs et les organes électriques, en appelant ainsi ceux qui sont produits par un courant dont l'origine n'est pas dans l'organisme, mais qui continuent à se produire après la cessation du courant. Sa conclusion, dégagée de toute vue spéculative, est celle-ci : Dans les muscles, les nerfs et les organes électriques se trouve le siège de forces électromotrices en relation avec les activités vitales des tissus et en particulier servant à expliquer l'action mystérieuse des organes électriques.

16. **H. von Helmholtz :** Détermination des moments magnétiques au moyen de la balance. L'auteur parvient à trouver ces moments à à un quart pour cent près.

17. **G. Quincke :** Sur le changement de volume et de l'indice de réfraction produit par des pressions hydrostatiques. Les expériences ont prouvé l'exactitude de la formule empirique $n - 1 = kd$, k étant une constante, d la densité, n l'indice de réfraction, tandis que les deux formules théoriques (voir 1882, n° 5) donnent des résultats si différents de ceux qui sont observés, qu'on ne peut expliquer leur divergence par des erreurs d'observation. La température était supposée constante.

18. **G. Quincke :** Sur la constante diélectrique et la double réfraction électrique des fluides isolés.

19. **A. Kundt :** Sur une méthode simple pour étudier la thermoélectricité et la piézoélectricité des cristaux. Quand la pression ou le changement de température a produit sur les faces une certaine distribution de l'électricité, on les saupoudre de soufre pulvérisé et de minium : celui-ci s'électrise positivement et le soufre négativement.

20. **F. Kohlrausch :** Sur un procédé pour comparer les résistances électriques indépendamment des résistances des conducteurs.

21-24. **L. Kronecker :** Sur la théorie des fonctions elliptiques.

22. **L. Fusch :** Sur des fonctions d'un nombre quelconque de variables que l'on obtient par inversion d'intégrales d'un nombre égal de fonctions.

23. **G. Kirchoff :** Sur les courants électriques dans un cylindre de révolution.

26. **Werner Siemens :** Sur l'hypothèse d'un potentiel électrique solaire et son utilité pour expliquer les phénomènes terrestres. Dans la théorie solaire de sir William Siemens, la matière cosmique entre dans le soleil par ses pôles et en sort par l'équateur sous l'influence de la force centrifuge pour être dissipée dans l'espace et dissociée par les rayons chimiques du rayonnement de la photosphère solaire. Ces particules cosmiques ainsi jetées sur la route des planètes prennent elles-mêmes, pour la même raison que les planètes, la vitesse de celles-ci et, par suite, ne peuvent en rien contrarier leurs mouvements. En revanche, elles peuvent influencer le mouvement des satellites et, en particulier, en balayer l'atmosphère : celle de la Lune, par exemple, a pu disparaître ainsi peut-être. Si cette théorie est vraie, on peut admettre que le frottement de la matière cosmique contre le Soleil y sépare les deux électricités : l'une reste sur le Soleil et l'autre est

emportée dans l'espace avec les matières lancées hors du Soleil par la force centrifuge. C'est un phénomène semblable à celui de l'électrisation du sommet de la grande Pyramide par les sables du désert que le vent y lance incessamment. L'existence d'un potentiel électrique solaire permet d'expliquer la lumière zodiacale, cette nébulosité immense qui entoure la partie équatoriale du Soleil, puis divers phénomènes terrestres et, en premier lieu, les aurores boréales. Les matières dissociées rejetées en dehors du Soleil sont électrisées négativement ; sous l'influence du potentiel solaire les deux électricités terrestres se séparent : l'électricité négative reste sur la terre, l'électricité positive se dissipe dans l'espace par les hautes couches de l'atmosphère, qui sont les moins denses, particulièrement aux pôles où affluent les courants venant de l'équateur : là se fait la combinaison avec l'électricité cosmique négative et ainsi s'expliquent, sans doute, les aurores boréales et les aurores australes. S'il y a excès d'électricité négative cosmique, elle va rejoindre l'électricité négative terrestre. L'existence d'une charge électrique négative terrestre permet, mieux que la fiction insoutenable d'un aimant central, d'expliquer le magnétisme terrestre ou les courants telluriques : car un corps chargé d'électricité statique et en mouvement présente, comme on le sait, des phénomènes analogues à ceux de l'électricité dynamique. Le potentiel solaire permet aussi d'expliquer la formation si subite des grands ouragans, particulièrement dans les régions équatoriales : les nuages jouent le rôle d'écran entre la Terre et le Soleil agissant par influence l'un sur l'autre, écran qui peut devenir conducteur, s'électriser par influence à son tour et amener, par suite d'un rapprochement avec le sol, les phénomènes électriques observés dans les orages. Enfin, le potentiel électrique solaire peut altérer les mouvements des planètes, tels qu'ils devraient exister d'après les lois de l'attraction newtonienne, au moins pour les petites planètes et les satellites, puisque la force électrique est proportionnelle non au volume, mais à la surface. Les perturbations (inexpliquées jusqu'à présent) du mouvement de Mercure, des astéroïdes et des satellites pourront donc servir un jour peut-être à décider de l'existence ou de la non-existence d'un potentiel solaire électrique.

27. **H. von Helmholtz** : Recherches de chimie thermodynamique (voir 1882, n°s 3 et 45). Dans les recherches de chimie thermodynamique on s'est occupé trop exclusivement des quantités d'énergie calorifique consommées ou produites, et l'on n'a pas songé suffisamment qu'il pouvait y avoir production d'énergie, sous forme de travail. D'après la loi de Clausius, l'énergie calorifique ne peut pas toujours se

transformer, d'une manière absolue, en énergie d'une autre forme, puisque, si elle passe d'un corps à un autre plus froid, la transformation inverse ne peut plus s'accomplir sans une transformation compensatrice. Il y a donc lieu de distinguer, dans les actions chimiques, l'énergie libre ou absolument transformable et l'énergie imparfaitement libre, qui n'est pas absolument transformable. C'est par la considération de ces deux sortes d'énergies, et non seulement de la seconde, que l'on peut rendre compte de certaines actions chimiques spontanées où il y a production de froid et, dans le cas contraire même, la considération de l'énergie libre est indispensable. Un grand nombre d'actions chimiques ne peuvent se produire que dans un sens tel que l'énergie libre décroisse : ce n'est donc pas la production de chaleur qui fera connaître comment agiront les affinités chimiques. Lord Rayleigh a déjà au fond défendu la même idée fondamentale, lorsqu'il disait en 1875 que les phénomènes chimiques ne peuvent se produire que si l'entropie du système considéré augmente ou au moins ne décroît pas. Helmholtz résume à ce nouveau point de vue d'anciennes recherches chimiques de lui, ou fait connaître quelques déterminations d'énergie libre qu'il a faites récemment et rapproche ses formules générales de thermodynamique de celles de Massieu.

28. **M. Websky :** Sur la Jeremejewite et l'Eichwaldite de la montagne de Soktuj en Daurie. Ce curieux minéral est formé de deux corps cristallisés dans des systèmes différents, l'un à l'intérieur de l'autre.

29. **B. Baginsky :** Sur la physiologie du limaçon de l'oreille. Le sommet contient les parties qui servent à l'audition des sons graves, la base celles qui servent à l'audition des tons élevés.

30. **J. Roth :** Sur des gneiss de l'Erzgebirge saxon, contenant des cailloux roulés.

31. **J. Roth :** Sur la constitution géologique de la côte du Labrador.

32, 36. **L. Kronecker :** Remarques sur la multiplication des fonctions elliptiques. Dans ce remarquable article, l'auteur fait connaître la raison cachée pour laquelle les formules d'Abel pour la multiplication des fonctions elliptiques contiennent au numérateur et au dénominateur un facteur commun, et indique le moyen de le faire disparaître, de deux manières différentes, en partant d'une conception nouvelle du théorème de l'addition.

33. **Schwendener :** Sur la théorie de l'arrangement des feuilles. Défense de la théorie mécanique de l'auteur.

34. **H. Munk :** Sur les parties de l'encéphale des vertébrés dont dépendent la vision et l'audition. Historique. Expériences sur les chiens.

les singes et les pigeons : le sens de la vue dépend entièrement du cerveau et chaque hémisphère est en relation avec les deux rétines.

35. **A. Tœpler :** Sur quelques propriétés de deux aimants croisés.

37. **L. Kronecker :** Simplification de la théorie des formes d'ordre supérieur.

38. **W. Voigt :** Détermination des constantes de l'élasticité pour le cuivre.

39. **A. Oberbeck :** Sur l'action magnétisante des vibrations électriques (comparez *Mittheilungen* de 1882, n° 7 et 57).

40. **A. Tœpler :** Détermination de la composante horizontale de l'intensité magnétique, au moyen de la balance.

41. **H. Burmeister :** Description de la carapace de l'*Eustatus Seguini*.

42. **J. Frenzel :** Sur le foie des décapodes.

43. **H. Krause :** Sur les relations de la pomme d'Adam et de l'arrière-bouche avec la substance grise du cerveau.

44. **J. Weingarten :** Sur l'équation aux dérivées partielles des surfaces divisées en carrés par leurs lignes de courbure. Cette équation du quatrième ordre est linéaire par rapport aux dérivées partielles de cet ordre. Les lignes de courbure des surfaces en question peuvent se trouver par de simples quadratures.

45. **G. Hagen :** Sur l'erreur probable des constantes.

46. **C. Rammelsberg :** Sur la Cuprodescloizite, nouveau minéral du Vanadium, de Mexico.

47. **H. Landolt :** Sur la durée des acides du soufre de la série thionique, quand ils sont en solution dans l'eau.

48. **R. Weber :** Sur l'influence de la composition du verre sur le déplacement du zéro des thermomètres.

P. M. et A. D.

TABLE DES MATIÈRES

DU

QUINZIÈME VOLUME.

LIVRAISON DU 20 JANVIER 1884.

Victor Puiseux. Esquisse biographique, par **M. Ph. Gilbert** . 5

L'anthropologie et la science sociale (suite et fin), par **M. Adrien Arcelin**. 38

Les travaux scientifiques de Joseph Plateau, par le **R. P. Delsaulx**, S. J. 114

Le méridien initial et l'heure universelle, par le **Fr. Alexis M. G.** 159

Les hallucinations, par le **Dr Cuylits** 171

La science, la métaphysique, la foi, par **M. Duilhé de Saint-Projet** 214

Correspondance. — Lettre de **M. Mahillon**. 240

Réponse du **R. P. Carbonnelle** 246

Bibliographie. — I. Cours d'Exploitation des mines, par M. Haton de la Goupillière. **M. A. de Lapparent** 256

II. Cours de Minéralogie, par A. de Lapparent. **M. C. de la Vallée Poussin** 262

III. Cours de Botanique fossile, par M. B. Renault. **C. de K.** 273

IV. Sprachvergleichung und Urgeschichte, von Dr O. Schrader. **R. P. Van den Gheyn**, S. J. 284

V. Études sur les courants de l'Escaut et de la Durme, par M. L. Petit. **T. B.** 298

Revue des recueils périodiques.

Thérapeutique, par le **Dr Mœller**. 305

Géographie, par **L. D.** 316

Hygiène, par le **Dr Dumont** 321

Zoologie, par **M. A. Buisseret** 327

Sciences industrielles, par **M. J. B. André** 335

Notes. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **P. M.** 345

LIVRAISON DU 20 AVRIL 1884.

Sir William Siemens, par **M. Aimé Witz** 353
Encore les jours de la création, par **M. P. de Foville**. . . 380
Glaciers et Neiges, par le **R. P. Victor Van Tricht**, S. J. . 427
Les illuminations crépusculaires, par le **R. P. Thirion**, S. J. 464
Les travaux scientifiques de Joseph Plateau, par le **R. P. Delsaulx**, S. J. 518
Bibliographie. — I. Manuel de télégraphie pratique, par R. S. Culley. **G. L.** 578
II. Navigation stellaire, par J.-A. Normand. **J. T.** 587
III. S. E. Nordenskiöld. Voyage de la *Vega* autour de l'Asie et de l'Europe. **L. D.** 591
IV. Das Antlitz der Erde, von Eduard Suess. **M. P. de Foville.** 594
V. Origines Ariacae, von Karl Penka. **R. P. Van den Gheyn**, S. J. 605
VI. Encyclopédie chimique. Éclairage électrique, par M. Violle. **M. J.-B. André** 617
VII. Annuaire pour l'an 1884, publié par le Bureau des longitudes. **J. d'E.** 629
VIII. Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour l'an 1884. **J. d'E.** 634
Revue des recueils périodiques.
Zoologie, par **M. A. Buisseret** 640
Sciences industrielles, par **M. J.-B. André.** 650
Géographie, par **L. D.** 665
Hygiène, par le **Dr Dumont.** 671
Génie civil, par **M. Ch. Lagasse.** 675
Notes. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **P. M.** 684
Mathematische und naturwissenschaftliche Mittheilungen. **P. M.** et **A. D.** 694

Bruxelles. — A. Vromant, imp.-édit., rue de la Chapelle, 3.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

Tome 15

HUITIÈME ANNÉE. — PREMIÈRE LIVRAISON

20 JANVIER 1884

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
195, *boulevard Saint-Germain.*

1884

LIVRAISON DU 20 JANVIER 1884.

I. — VICTOR PUISEUX. ESQUISSE BIOGRAPHIQUE, par **M. Ph. Gilbert**, p. 5.

II. — L'ANTHROPOLOGIE ET LA SCIENCE SOCIALE (suite et fin), par **M. Adrien Arcelin**, p. 38.

III. — LES TRAVAUX SCIENTIFIQUES DE JOSEPH PLATEAU, par le **R. P. Delsaulx**, S. J., p. 114.

IV. — LE MÉRIDIEN INITIAL ET L'HEURE UNIVERSELLE, par le **Fr. Alexis M. G.**, p. 159.

V. — LES HALLUCINATIONS, par le **D Cuylits**. p. 171.

VI. — LA SCIENCE, LA MÉTAPHYSIQUE, LA FOI, par **M. Duilhé de Saint-Projet**, p. 214.

VII. — CORRESPONDANCE. — Lettre de **M. Mahillon**, p. 240. — Réponse du **R. P. Carbonnelle**, p. 246.

VIII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Cours d'Exploitation des mines, par M. Haton de la Goupillière. **M. A. de Lapparent**, p. 256. — II. Cours de Minéralogie, par A. de Lapparent. **M. C. de la Vallée Poussin**, p. 262. — III. Cours de Botanique fossile, par M. B. Renault. **C. de K.**, p. 273. — IV. Spraehvergleichung und Urgesehiehte, von Dr O. Schrader. **R. P. Van den Gheyn**, S. J., p. 284. — V. Études sur les eourants de l'Eseaut et de la Durme, par M. L. Petit. **T. B.**, p. 298.

IX. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Thérapeutique, par le **Dr Mœller**, p. 305. — Géographie, par **L. D.**, p. 316. — Hygiène, par le **Dr Dumont**, p. 321. — Zoologie, par **M. A. Buisseret**, p. 327. — Seienees industrielles, par **M. J. B. André**, p. 335.

X. — NOTES. — Comptes rendus de l'Aeadémie des seienees. **P. M.**, p. 345.

AVIS

Les abonnés sont invités à s'adresser toujours directement au Secrétaire de la Société scientifique (27, rue des Ursulines, Bruxelles), pour les réclamations, changements et rectifications d'adresse, etc. Les retards et les inexactitudes sont ordinairement le fait des intermédiaires.

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

.es sept premières années sont publiées. Chaque année se vend sépa-
ıent, prix : 20 francs. — S'adresser au Secrétariat de la Société
ntifique, 27, rue des Ursulines, Bruxelles.

'es volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé
cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer
prix de 15 francs.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les tr mois, depuis janvier 1877, par livraisons de 350 pag environ ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour to les pays de l'Union postale. Les membres de la Soci scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pc cent.

Le prix de chacune des années 1877 et 1878 est po à 25 francs.

On s'abonne, à Bruxelles, au Secrétariat de la Socié 27, rue des Ursulines.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath. c. IV.

HUITIÈME ANNÉE. — DEUXIÈME LIVRAISON

20 AVRIL 1884

BRUXELLES
A. VROMANT, IMP.-ÉDITEUR
rue de la Chapelle, 3.

PARIS
LIBRAIRIE
DE LA SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE
195, *boulevard Saint-Germain.*

1884

LIVRAISON DU 20 AVRIL 1884.

I. — SIR WILLIAM SIEMENS, par **M. Aimé Witz**, p. 353.

II. — ENCORE LES JOURS DE LA CRÉATION, par **M. P. de Foville**, p. 380.

III. — GLACIERS ET NEIGES, par le **R. P. Van Tricht, S. J.**, p. 427.

IV. — LES ILLUMINATIONS CRÉPUSCULAIRES, par le **R. P. Thirion, S. J.**, p. 464.

V. — LES TRAVAUX SCIENTIFIQUES DE JOSEPH PLATEAU, par le **R. P. Delsaulx**, S. J., p. 518.

VI. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Manuel de télégraphie pratique, par R.-S. Culley. **G. L.**, p. 578. — II. Navigation stellaire, par J.-A. Normand. **J. T.**, p. 587. — III. S. E. Nordenskiöld. Voyage de la *Vega* autour de l'Asie et de l'Europe. **L. D.**, p. 591. — IV. Das Antlitz der Erde, von Eduard Suess. **M. P. de Foville**, p. 594.— V. Origines Ariacae, von Karl Penka. **R. P. Van den Gheyn**, S. J., p. 605. — VI. Encyclopédie chimique. Éclairage électrique, par M. Violle. **M. J.-B. André**, p. 617.— VII. Annuaire pour l'an 1884, publié par le Bureau des longitudes. **J. d'E.**, p. 629. — VIII. Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour l'an 1884. **J. d'E.**, p. 634.

VII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Zoologie, par **M. A. Buisseret**, p. 640. — Sciences industrielles, par **M. J.-B. André**, p. 650. — Géographie, par **L. D.**, p. 665.— Hygiène, par le **Dr Dumont**, p. 671. — Génie civil, par **M. Ch. Lagasse**, p. 675.

VIII — NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **P. M.**, p. 345. — Mathematische und naturwissenschaftliche Mittheilungen **P. M.** et **A. D.**, p. 694.

AVIS

Les abonnés sont invités à s'adresser toujours directement au Secrétaire de la Société scientifique (27, rue des Ursulines, Bruxelles), pour les réclamations, changements et rectifications d'adresse, etc. Les retards et les inexactitudes sont ordinairement le fait des intermédiaires.

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

Les sept premières années sont publiées. Chaque année se vend séparément, prix : 20 francs. — S'adresser au Secrétariat de la Société scientifique, 27, rue des Ursulines, Bruxelles.

Ces volumes ont été envoyés sans frais à tous les membres qui ont versé leur cotisation annuelle. Les nouveaux membres peuvent se les procurer au prix de 15 francs.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

La *Revue des Questions scientifiques* paraît tous les trois mois, depuis janvier 1877, par livraisons de 350 pages environ ; elle forme chaque année deux forts volumes in-8°.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs par an, pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de 25 pour cent.

Le prix de chacune des années 1877 et 1878 est porté à 25 francs.

On s'abonne, à Bruxelles, au Secrétariat de la Société, 27, rue des Ursulines.

AMNH LIBRARY
100226215